

Le cartogramme continu : enseigner les méthodes, comprendre les représentations pour analyser les territoires

AUTEUR-ES

Dominique ANDRIEU,
Anne-Christine BRONNER

RÉSUMÉ

Dans le cadre de la problématique élargie de l'enseignement et de la représentation des territoires, nous proposons d'ouvrir une discussion sur la place du cartogramme continu en cartographie. En partageant notre expérience d'enseignement ou d'animation vers un large public, nous nous posons la question des verrous qui limitent la diffusion de ces représentations. La complexité des méthodes, des outils et de l'interprétation des cartogrammes continus expliquerait la faible diffusion de ce type de cartes. Trois séquences basées sur des solutions libres différentes (*Magrit*, *R* et *ScapeToad*) sont exposées. Elles s'adressent à des publics différents, connaisseurs de la géomatique ou novices, et montrent que les verrous paraissent surmontables. En proposant des solutions cartographiques adaptées aux données quantitatives absolues, disponibles notamment dans les plateformes *open data*, les cartogrammes continus contribuent utilement à la connaissance des territoires et des inégalités.

MOTS CLÉS

cartogramme continu, transformation cartographique, échelle territoriale, données sociodémographiques, *open data*

ABSTRACT

Part of the broader context of teaching and mapping territories, we propose to discuss the place of the contiguous cartogram in cartography. In line with our experience of teaching or animated program for a general public, we bring up the question of the obstacles that inhibit the diffusion of these type of maps. The complexity of the methods, tools and understanding of contiguous cartograms may explain the low diffusion of these representations. Three sequences based on different open-source solutions (*Magrit*, *R* and *ScapeToad*) are presented. Address to different audiences, reachable by geomatics experts as well as novices, they show that the obstacles could be get over. By offering cartographic solutions adapted to absolute quantitative data, available on open data platforms for example, contiguous cartograms are useful contributions to improve the knowledge of territories and for mapping inequalities.

KEYWORDS

Contiguous cartogram, Cartographic transformation, Territory level, Socio-demographic data, Open data

Dans un contexte où la donnée publique territoriale est diffusée *via* des portails à l'échelle nationale (*data.gouv.fr*, etc.), régionale (*DataGrandEst*, *data.paysdelaloire.fr*, etc.), métropolitaine (*data.strasbourg.eu*, *data.tours-metropole.fr*, etc.), il est nécessaire d'enrichir les chaînes de production cartographique pour développer les connaissances des territoires. Nous proposons pour cela l'utilisation du cartogramme continu. Il est une solution sémiologique et statistique à la représentation d'une information quantitative absolue renseignant un maillage de l'espace géographique. Il produit un fond de carte préservant la continuité de l'espace dont les formes et les dimensions peuvent être utilisées pour la représentation d'un taux (carte choroplèthe) ou de tout autre indicateur. Pour autant, nous constatons que ce mode de représentation cartographique, particulièrement adapté à la visualisation des phénomènes sociodémographiques, reste peu diffusé à l'échelle nationale, à l'exception de la cartographie électorale¹ ou de rares productions par certaines institutions comme l'ANCT². De plus, les cartogrammes sont quasiment absents des représentations à l'échelle régionale ou subrégionale. Ceci explique peut-être que les cartogrammes continus conservent un air novateur alors même que les anamorphoses – auxquelles ces représentations appartiennent – sont anciennes et leurs méthodes de construction régulièrement renouvelées. La transformation cartographique que propose le cartogramme continu est à la fois attractive, car elle permet de rendre compte des inégalités de répartition, de visualiser clairement des pôles, périphéries et zones intermédiaires, de compléter les chaînes de traitements cartographiques des données localisées pour améliorer nos connaissances des territoires ; et rebutante, car on la considère comme complexe à réaliser et à comprendre. Les verrous généralement énoncés sont : la compréhension des méthodes, l'accès aux outils et la complexité de lecture de la carte. Nous nous proposons de discuter de ces verrous en tirant parti de notre expérience dans la production de ce type de cartes destinées à différents publics. Nous illustrerons nos propos en nous basant sur une série de productions qui s'appuient sur des données territoriales qui nous permettront de montrer que des données et des outils accessibles sont disponibles et simples d'utilisation. Les aspects techniques ne doivent pas empêcher de découvrir l'espace géographique sous un autre angle.

1 Voir par exemple les premiers cartogrammes sur la France entière par commune dans l'article de J. Lévy et H. Le Bras dans *Libération* le 1^{er} juin 2005 « Une France sur la défensive » et, lors de la dernière présidentielle (2022), l'article d'A. Léchenet et J.-L. Cassely sur *Slate* le 24 avril 2017 « Cartes : la France Le Pen vs la France Macron » [slate.fr/story/144490/cartes-candidat-premier-tour-presidentielle-commune]. Les élections bipartites américaines donnent lieu à de très nombreuses visualisations, dont de nombreux cartogrammes, souvent prises en exemple dans les articles méthodologiques (cf. bibliographie).

2 Voir la carthèque de l'Agence nationale de la cohésion des territoires [cartotheque.anct.gouv.fr].

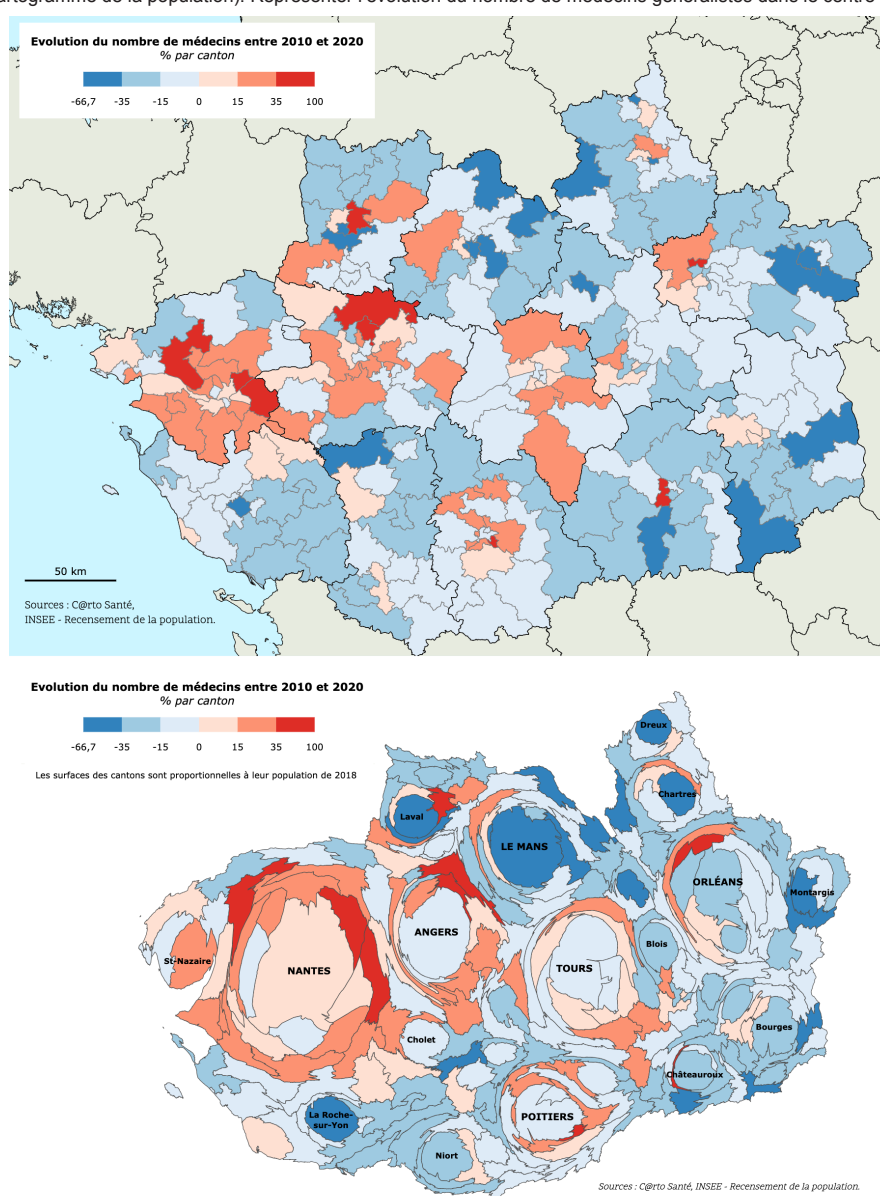
LE CARTOGRAMME POUR TRANSFORMER LE REGARD SUR LES TERRITOIRES

Les méthodes de type cartogrammes peuvent être abordées à partir de différentes questions cartographiques, comme la possibilité de résoudre le problème de la représentation de quantités brutes associées à des surfaces ou encore de réfléchir au fond de carte pertinent pour représenter un phénomène. Ce lien entre les *attributives* et *locatives data* tient une place centrale dans les réflexions du cartographe américain Waldo Tobler qui développe le concept de transformation cartographique (1979). La position des lieux, leur configuration, le dessin de la carte sont issus d'une transformation : le navigateur choisira une projection qui respecte les angles, le géomètre les surfaces, le service d'aménagement des villes et transports s'appuiera sur les distances kilométriques ou le temps, l'administrateur sur les populations, etc. La population est un indicateur parmi d'autres pour transformer un fond de carte. Il produit une nouvelle dimension de l'espace qui peut être interprétée en tant que telle ou servir de base pour représenter d'autres informations.

Les cartes sur le thème de la désertification médicale (fig. 1 & 2) illustrent la capacité du cartogramme à incarner une vision appropriée du territoire cartographié lorsqu'il s'agit plus particulièrement de transmettre des connaissances sur les populations qui habitent ce territoire. Si la perte de médecins généralistes est communément liée aux espaces ruraux, la transformation cartographique permet de compléter ce fait en constatant que les pôles urbains, comme Le Mans, Orléans ou La Roche-sur-Yon, sont tout autant concernés (perte supérieure à 35 % entre 2010 et 2020).

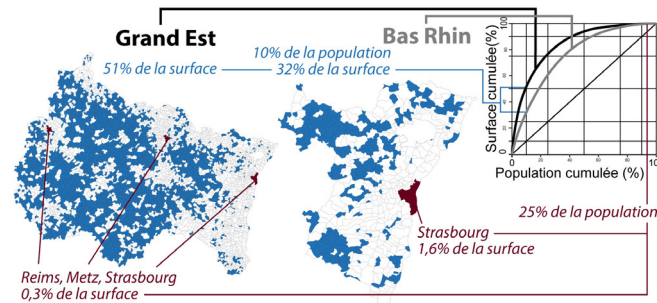
Figure 1 (haut - carte « classique »). Transformer les territoires pour analyser la désertification médicale

Figure 2 (bas : cartogramme de la population). Représenter l'évolution du nombre de médecins généralistes dans le centre-ouest de la France



Nous pouvons avancer l'idée que dans certains cas, le fond de carte « classique » pour la carte choroplèthe est potentiellement biaisé si la variable représentée n'est pas une densité, c'est-à-dire une quantité rapportée à une surface métrique. Si le taux se rapporte aux populations, d'une part les petites unités administratives peuplées sont peu visibles et, d'autre part, le taux étant sensible aux effectifs, les grandes entités peu peuplées offrent une visibilité aux valeurs extrêmes. La figure 3 illustre l'inadéquation des surfaces d'un fond « classique » à représenter les proportions de populations.

Figure 3. Les biais potentiels de la carte choroplèthe pour la représentation de taux associés à des populations

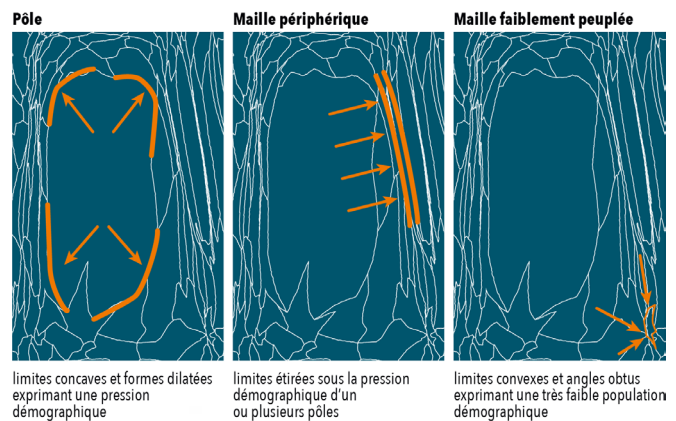


COMPRENDRE LES CARTOGRAMMES : QUELQUES CLÉS

Le cartogramme continu, comme l'ensemble des cartes de type anamorphoses, fait l'objet de critiques. Nous posons l'hypothèse que les personnes qui ont une connaissance fine du territoire et une bonne capacité à repérer les lieux sur une carte sont plus susceptibles de réagir aux transformations territoriales du cartogramme de population (ou autre variable cartographiée). Attachées à la représentation kilométrique, planimétrique qu'elles considéreraient comme unique, de référence, voire « juste » – cf. la réaction de P. Pinchemel « j'ai mal à la France » (1987) –, elles sont réticentes à accepter de nouvelles formes territoriales. La difficulté majeure dans la compréhension de la représentation géographique produite par les cartogrammes semble liée à la perte de repère. En effet, les nouvelles surfaces produisent de nouvelles formes qui ne coïncident avec aucune expérience cartographique ou formes spatiales connues ; la première réaction est alors de refuser de comprendre ces nouvelles formes. Envisageons la cartographie comme un média par lequel on découvre de nouveaux espaces sans présupposés. Nous invitons les lecteurs de cartogrammes continus à redécouvrir les nouvelles dimensions d'un espace géographique qu'ils connaissent probablement sous des représentations plus classiques. Les formes des mailles expriment les pressions ou les contraintes qui se jouent sur le territoire.

Figure 4. Interpréter le maillage d'un cartogramme de la population

Par exemple sur la figure 4, les formes des mailles de l'espace peuvent se résumer par trois motifs spatiaux. Les grandes formes dilatées représentent des pôles fortement peuplés, donc des pôles urbains. Soumises à la pression démographique, les mailles périphériques sont étirées autour de ces pôles. Enfin, le dernier motif concerne des mailles subissant des contraintes dans toutes les directions de l'espace. Les limites sont convexes avec des angles obtus et délimitant de très petites surfaces, donc peu peuplées.

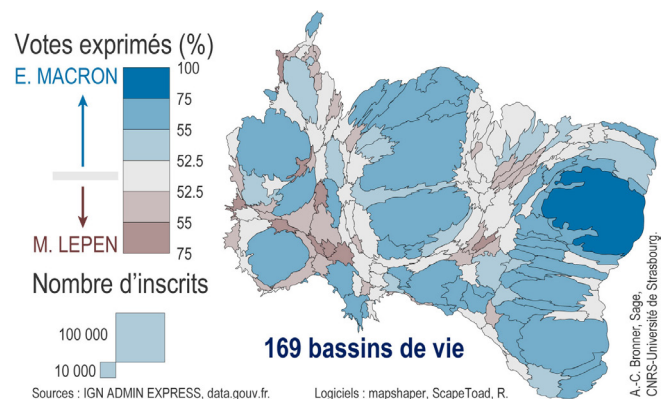


Une autre clé d'interprétation permet de lire le cartogramme : la surface est proportionnelle à la taille, comme dans une majorité de traitements graphiques qui lient « variable quantitative brute » et « variable visuelle taille ». Chaque entité est une part relative d'un tout comme dans un *treemap*, un diagramme circulaire ou un histogramme. Une entité occupe le quart de la surface cartographiée ? Elle contient un quart des effectifs.

Présenter ce type de cartes à la *Fête de la science*, auprès d'étudiants ou dans le cadre de projets territoriaux permet d'apprécier les réactions parfois tranchées face à ces formes.

Figure 5. Exemple de cartographie électorale dans l'environnement R : élection présidentielle 2017 dans le Grand Est

Il arrive que le cartogramme coïncide avec une image mentale de l'espace, ce qui était le cas pour la figure 5 qui illustre la vulnérabilité du territoire pour des responsables du bassin-versant de la Loire. Toutefois l'apport des clés de lecture apparaît souvent nécessaire, mais seule une enquête sur la perception et la compréhension des cartogrammes par un panel représentatif d'individus validerait ces observations récurrentes.



DES MÉTHODES ET OUTILS OPEN SOURCE POUR UNE MISE EN ŒUVRE FACILITÉE

Quid de la difficulté à produire le cartogramme ? Les méthodes sont décrites dans des articles scientifiques diffusés en général en *open access*, notamment celles qui sont le plus utilisées (Dougenik *et al.*, 1985 ; Gastner & Newman, 2004 ; Gastner *et al.*, 2018). Ceci explique leur implantation dans différents environnements. Si en 2023 la disponibilité de ces méthodes n'est plus un frein, il existe effectivement un coût d'entrée :

- d'une part, les méthodes elles-mêmes sont d'une grande complexité sur le plan mathématique, même si les métaphores développées par les auteurs permettent de comprendre la logique sous-jacente aux équations ;
- d'autre part, les environnements pour produire des cartes et des visualisations sont extrêmement variés (applis web, SIG,

programmes indépendants, $R...$). Chaque outil / environnement est spécifique et possède sa propre « logique », ses fonctions, ses options, et produit des résultats différents. Nous gageons néanmoins qu'il est possible d'enseigner la démarche pour l'avoir fait notamment auprès de pairs ou d'étudiants, personnels des collectivités, voire public passionné.

Ainsi, sur la base de fonds, données et logiciels libres, notre intervention rend compte de trois séquences pour calculer des cartogrammes continus, séquences qui peuvent être aisément déclinées dans le cadre d'enseignement et réappropriées par les collectivités territoriales, ou intéresser le ou la cartographe amateur.

La création du cartogramme continu correspond à différents objectifs :

- constituer une alternative aux cercles proportionnels ou à la *dot map* pour représenter des effectifs associés à des surfaces ;
- cartographier un taux dont la base n'est pas la surface géographique, mais qui doit être représenté sur un fond de carte adapté, à réaliser en deux étapes :
 - calcul du cartogramme sur la base du dénominateur du taux (population, population active, nombre d'inscrits sur les listes électorales, tonnes de déchets, etc.),
 - utilisation du cartogramme pour la cartographie des taux (part des plus de 60 ans, taux de chômage, taux d'abstention, part des déchets plastiques, etc.) ;
- superposer des couches thématiques (mappage) sur un fond de carte transformé, ce qui revient à son utilisation comme un système de projection (Andrieu, 2014 ; Tobler, 2017).

Séquence avec *Magrit* : évolution du nombre de médecins dans le centre-ouest de la France

Dans le cadre de la présentation, la chaîne de production avec *Magrit* permet de revenir sur la cartographie des médecins, proposée au *Printemps des cartes* en 2022. Ces exercices servent aussi à des étudiants de L2 en sociologie. *Magrit* s'avère un outil très simple pour des débutants pour leur faire découvrir les cartogrammes. La comparaison des deux méthodes qu'il propose est un très bon moyen d'aborder visuellement la qualité des surfaces produites. Une fois le fond de carte transformé, *Magrit* permet de l'employer dans une cartographie thématique (cf. fig. 1 & 2).

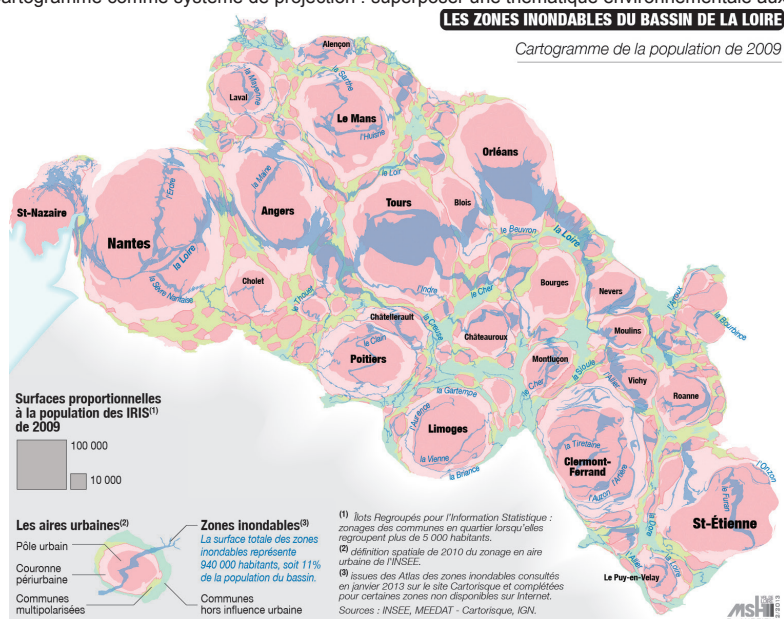
Séquence avec *R* : élection présidentielle dans le Grand Est

Dans le cadre d'un enseignement ou d'une présentation de l'environnement *R*, un géomaticien ou un cartographe maîtrisant cet outil sera en capacité de finaliser une carte thématique sur un fond de carte transformé en fonction d'une donnée quantitative (fig. 5). L'intérêt de ne pas avoir à changer d'outil ou d'environnement est un atout indéniable. Le code rédigé pour aboutir à la carte est reproductible et diffusable sur une plateforme de gestion des développements, telle que la version libre *Gitlab*.

Séquence avec *ScapeToad* et *QGIS* : zones inondables dans le bassin de la Loire

L'application *ScapeToad* est conçue comme un assistant. L'utilisateur découvre ainsi en quelques clics les problématiques de la transformation d'une surface continue en fonction d'une donnée quantitative qui impose des contraintes pour préserver la contiguïté et la continuité des mailles de l'espace, propriété appelée la topologie. L'application propose la transformation simultanée de couches : dans le cas de la figure 6, il s'agit de la zone inondable qui se transforme en fonction des surfaces de la population par IRIS (îlots regroupés pour l'information statistique). Une dernière étape présente la qualité des surfaces produites qui aboutit au calcul d'une mesure de l'erreur, à la création d'une légende signifiant la valeur des surfaces produites et d'une grille qui permet d'appréhender la transformation de l'espace. Au contraire des autres outils, les différentes couches créées par *ScapeToad* nécessitent d'être traitées et exposées dans un autre outil, ici *QGIS*, qui va permettre d'aborder des notions de topologie, de calcul d'erreur ou de transformation simultanée dans le cadre d'un enseignement en géomatique.

Figure 6. Cartogramme comme système de projection : superposer une thématique environnementale aux populations



CONCLUSION

En identifiant les outils et environnements en fonction des compétences qu'ils requièrent, nous souhaitons ouvrir la discussion sur la place des cartogrammes continus dans l'enseignement et la production cartographique. Notre propos tente de rendre ces représentations abordables techniquement et compréhensibles géographiquement. Leur enseignement rendrait moins insurmontable le verrou de leur production, facilité par les ressources en libre accès qui permettent de proposer une gamme de solutions adaptées à différents publics et niveaux de compétences.

Au regard de la variété et de la quantité des données en *open data*, il nous paraît nécessaire de défendre des traitements cohérents avec leur dimension statistique. Tout indicateur sociodémographique n'est pas à cartographier automatiquement sur un fond de carte « classique », sur des surfaces kilométriques. La dimension sociospatiale sous la forme d'un cartogramme de la population (ou tout autre sous-groupe social de la population) est pertinente à exprimer les inégalités géographiques et sociales à l'échelle d'un territoire.

Quelle que soit l'échelle territoriale représentée, le cartogramme montre une image inhabituelle qui peut bousculer nos représentations mentales. La cartographie a accompagné étroitement les découvertes et inventions de territoires par les explorateurs, il nous semble nécessaire d'avoir cette posture de découvreur de nouveaux espaces pour questionner et comprendre les cartogrammes. Ces formes perçues comme disgracieuses et énormes ne sont-elles pas seulement l'image de nos défauts ou des transformations sociales ?

RÉFÉRENCES

- Andrieu D., 2014, « Les cartogrammes. Une séquence d'enseignement de la sémiologie à la géographie », *Carte & géomatique*, n° 222, p. 123-138 [lecfc.fr/new/articles/222-article-83.pdf].
- Dougenik J.A., Chrisman N.R., Niemeyer D.R., 1985, « An Algorithm to Construct Continuous Area Cartograms », *The Professional Geographer*, 37(1), p. 75-81.
- Gastner M.T., Newman M.E.J., 2004, « Diffusion-Based Method for Producing Density-Equalizing Maps », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(20), p. 7499-7504.
- Gastner M.T., Seguy V., More P., 2018, « Fast Flow-Based Algorithm for Creating Density-Equalizing Map Projections », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(10), p. 2156-2164.
- Pinchemel P., 1987, « Carto-humeur, carto-humour : Ph. Pinchemel, Pitié pour la France », *M@ppemonde*, 5(1), p. 47.
- Tobler W.R., 1979, « A Transformational View of Cartography », *The American Cartographer*, 6(2), p. 101-106.
- Tobler W.R., 2017, « Cartograms as Map Projections », in M. Lapaine & E. L. Usery (dir.), *Choosing a Map Projection. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Cham, Springer, p. 149-159.

LES AUTEUR-ES

Dominique Andrieu

Université de Tours – MSH Val de Loire
dominique.andrieu@univ-tours.fr

Anne-Christine Bronner

Université de Strasbourg – SAGE
anne-christine.bronner@misha.fr