

Surface de potentiel de la population de la province de Liège

Exemple d'application de la transformation des champs géographiques discrets en champs continus

par I. NADASDI

INTRODUCTION

La raison d'être de ce travail est double. D'abord, et à titre principal, nous avons voulu discuter de l'utilité de la « transformation » d'un champ géographique discret en un champ géographique continu, ainsi que de l'expérimentation des conditions graphiques de cette transformation.

Plus particulièrement, nous avons été guidé par le souci d'examiner dans quelle mesure la construction préalable d'un modèle stéréoscopique facilite et objective la rédaction d'une carte thématique mettant en œuvre la technique d'isoligne.

Ensuite, et à titre secondaire, nous nous permettrons d'examiner et d'interpréter le cas d'application choisi : le modèle de potentiel de population de la province de Liège.

I. — LA TRANSFORMATION D'UN CHAMP DISCRET DE POPULATION EN CHAMP CONTINU

Les phénomènes abstraits ou concrets cartographiables — c'est-à-dire localisables — peuvent utilement être divisés en deux catégories, à savoir : phénomènes discrets et phénomènes continus. C'est une division fondamentale et très utile. Cependant, si sur le plan théorique la distinction est facile, il n'en va pas nécessairement de même dans la pratique, où souvent il est inutile d'isoler des catégories pures et irréductibles.

L'arsenal des moyens de représentation cartographique des phénomènes discrets — qu'il s'agisse des implantations ponctuelles, zonales ou linéaires — est plus riche que celui des phénomènes continus, qui se réduit pratiquement au mode de représentation par isolignes. Ce dernier constitue cependant une méthode de représentation spécifique des grandeurs géographiques continues.

Les phénomènes continus sont surtout nombreux dans l'univers de la géographie physique et mathématique. En géographie humaine et économique ils demeurent beaucoup plus rares.

Néanmoins, on retrouve constamment des épreuves de transformation des champs discrets en champs continus et corrélativement leur représentation par la méthode d'isoligne (1). Pourquoi cet illogisme ? Faut-il y voir simplement le résultat du charme de l'isoligne ou de la fascination du relief thématique ou de la surface statistique en résultant ? L'explication est plus complexe. D'abord, il n'est pas toujours utile de maintenir la discontinuité du phénomène alors que son domaine est continu. Ensuite et surtout une population — un ensemble discret — implique des interrelations du fait de solidarités (2). Enfin, pour des raisons de facilité d'analyse ou de commodité de traitement, il est souvent efficace de faire abstraction de la discontinuité du phénomène, entendu dans le sens mathématique, ou d'essayer de le transformer en champ continu (3).

La transformation du champ discret en un champ continu est, à notre avis, non seulement légitime, mais encore souvent indispensable.

Naturellement, cette transformation ne doit pas être réalisée à la légère. L'opportunité de la transformation ainsi que la méthode utilisée doivent être soigneusement appropriées aux caractères du phénomène et aux buts poursuivis.

Corrélativement, dans le domaine visuel — et c'est une remarque très importante — un simple changement de méthode d'observation — à savoir le passage de l'examen monoculaire à la perception binoculaire — suffit pour transformer des images de semis en une sensation continue. Ce fait, bien connu en photogrammétrie, n'a pas encore été suffisamment mis en pratique en cartographie thématique, où il promet cependant des applications intéressantes.

C'est ce que nous allons tenter de prouver dans la suite en étudiant la surface de potentiel de la population de la province de Liège.

II. — LA NOTION DE POTENTIEL DE POPULATION

En dépit de la résistance de beaucoup de géographes à l'introduction

(1) D'où la distinction entre isoligne et pseudo-isoligne, isarythme et pseudo-isarythme, isomètre et isopleth, les premières expressions étant retenues pour la présentation de « vrais », les deuxièmes pour la représentation de « faux » continuums.

(2) Voir à ce sujet également : V. A. TSCHERVJAKOW (Vladivostok), *Atmenet a diskretbol a folytonosba a nepesseg elhelyezkedesének kartografalasakor (Passage du discret en continu lors de la cartographie de la répartition de la population)* dans *Nepesseg-terkepezési tanacskozás*, Budapest, 1969. Compte rendu du Colloque de Cartographie de la Population, Budapest, 1969.

(3) Nous nous permettons de remarquer que les phénomènes économiques ne sont que rarement continus. Ce fait n'a pas empêché les économistes de les considérer souvent comme tels afin de pouvoir développer des méthodes d'analyses particulièrement efficaces.

des analogies avec les sciences exactes, plus particulièrement physiques (4), et malgré des difficultés d'interprétation, la notion de potentiel est en voie de conceptualisation géographique.

Le potentiel se prête bien au traitement de la répartition des stocks (5). L'application que nous présentons ici se réfère à l'étude de la répartition de la population de la province de Liège. Pour une application de recherche cartographique, nous nous en sommes tenu à la formulation la plus élémentaires du potentiel :

Soit une répartition de population caractérisée par ses foyers F_i . Le potentiel de la population (V_i) au foyer F_i est fourni par :

$$V_i = \sum_{j=1}^n \frac{P_j}{d_{ij}} + \frac{2 P_i}{\sqrt{S_i/\pi}},$$

formule dans laquelle P_i est la population du foyer F_i et S_i est sa superficie; d_{ij} sont les distances qui séparent P_i des autres foyers P_j .

Le dénominateur du second terme correspond au rayon d'un cercle de superficie égale à S_i . Un foyer est défini par P_i , S_i , ainsi que par une paire de coordonnées rectangulaires x_i et y_i qui se rapportent à un point adéquatement choisi dans lequel toute la population d'une unité territoriale est supposée réunie. Dans notre cas, un foyer correspond à une commune.

La formule est très souple et se prête à des modulations nombreuses, en fonction de la structure de la population étudiée ou en fonction de l'appréciation du rôle qu'on attribue à la distance.

Le modèle de potentiel affiné, aussi bien par le nombre et le choix des points de contrôle, que par l'introduction des freins et des discontinuités géographique, politique et économique de l'espace, est généralisable. Le modèle est apparemment descriptif. En effet, le potentiel constitue une grandeur scalaire. Toutefois, il est facile de le dynamiser pour obtenir un modèle de fluidité, en calculant le gradient de potentiel qui, lui, est une grandeur vectorielle (6).

On a cherché à donner plusieurs significations à la notion de potentiel. Qu'il nous soit permis de livrer ici les propos de W. ISARD (7) : « Stewart speaks of population potential of a point as a measure of the proximity

(4) Il ne faudrait cependant pas oublier que la densité en est une aussi. D'ailleurs, la notion de potentiel est à bien des égards supérieure à la notion de densité.

(5) Pour tout ce qui concerne le potentiel, particulièrement le potentiel de la population, on recourra utilement aux travaux de W. WARNTZ et Q. STEWART, notamment dans *Population geography : a reader — Physics of population distribution*, pp. 119-137, par W. WARNTZ, New York, 1970.

(6) Celui-ci se définit comme le taux de variation de potentiel en fonction de la distance.

(7) W. ISARD, *Methods of regional analysis : an introduction to regional science*, Cambridge, 1963, p. 501.

of people to that point, as a measure of aggregate accessibility, and more simply as a measure of influence of people at a distance ».

La confusion est néanmoins plus apparente que réelle, tout dépend de l'optique et du niveau d'observation. La souplesse de la notion ne fait que renforcer le caractère à vocation générale du modèle.

Nous définirons le potentiel de population comme une mesure de situation géo-démographique. Mesure veut dire effort de quantification et de comparaison, une voie à laquelle, ne fut-ce qu'à cause de la pression du milieu, la géographie ne peut plus échapper. Ensuite, quoi de plus géographique que l'étude de la situation ? Enfin, la population est le commencement et la fin de toute étude des sciences humaines.

III. — CALCUL PRATIQUE DE POTENTIEL

Les calculs ont été effectués par ordinateur (8) au Centre de Calcul de l'Université de Louvain. Le nombre de foyers est de 338; il est égal au nombre des communes, selon la situation administrative d'avril 1969. La population des foyers correspond à la population des communes, à la date du 31 décembre 1968. Actuellement, il n'existe pas d'unité territoriale de relevé statistique de population inférieure aux communes.

Toute la population d'une commune fut supposée réunie en un point (point de contrôle) arbitrairement choisi, mais généralement situé vers le centre habité de chaque commune. Les coordonnées nous ont été communiquées par l'Institut Géographique Militaire Belge. L'image de gauche du stéréogramme visualise bien la densité et le patron de répartition des points de contrôle.

Les calculs furent effectués dans le système de coordonnées rectangulaires de la projection « Lambert Belge ».

IV. — LA CARTOGRAPHIE DES RÉSULTATS

La surface de potentiel étant un « champ continu », la technique de représentation par isolignes paraît particulièrement bien convenir à sa cartographie. Cette technique est séduisante mais elle est trompeuse. Elle ne connaît pas de solution parfaite, sa lecture est parfois malaisée et comprend souvent des généralisations implicites trop poussées.

Classiquement, lorsque l'on procède à la rédaction d'un document

(8) Nous tenons à remercier M. NDOUTOU ESSESSE NOE d'avoir bien voulu se charger de la programmation. Notre reconnaissance va également à M. W. SMETS, qui a bien voulu dessiner les cartes et stéréogrammes.

d'isoline pour en améliorer la qualité, on devrait répondre aux questions suivantes (9) :

- quelle doit être la densité des points de contrôle ?
- quel doit être leur patron de répartition ?
- comment les points de contrôle doivent être localisés par rapport à la population de chacune des unités territoriales de relevé ?

De nombreuses recherches empiriques et théoriques ont été effectuées à ce sujet. Cependant, pour les deux premières, par suite de la présentation territoriale des statistiques de population, nous n'avons guère eu le choix. Pour la troisième, la plupart des auteurs s'accordent pour dire que le point de contrôle le plus idoine à l'intérieur d'une unité territoriale de relevé est celui de centre de gravité de la répartition. C'est ce que nous avons fait dans la pratique en choisissant le point de contrôle vers le centre habité de chaque commune. Pour le reste, il existe une opposition entre le nord-ouest et le sud-est quant au semis de la répartition de ces points. Comme nous le verrons dans la partie interprétative du travail, cela présente quelques inconvénients.

Il y a cependant d'autres questions à se poser telles que : quelle technique d'interpolation convient-il d'utiliser ? Plus particulièrement entre quels points de contrôle interpolera-t-on ? Le problème est très délicat, à moins que les points de contrôle ne soient pas disposés selon les sommets d'un réseau de triangles équilatéraux. De même : quelles équidistances choisirait-on ?

Pour trouver une solution satisfaisante à ces deux dernières questions, il conviendrait de connaître au préalable la forme de la surface statistique. Aussi nous sommes-nous posé la question de savoir s'il n'est pas utile d'essayer de visualiser le relief thématique à représenter en construisant un modèle stéréoscopique.

Pour ce faire, nous avons transformé le semis de points cotés en un stéréogramme à image « continue », de telle sorte que les différences de parallaxe longitudinales entre les points de contrôle soient proportionnelles à leur différence de potentiel (fig. 1).

Le modèle plastique obtenu, même s'il est imparfait, est digne d'attention. En effet, il possède des qualités didactiques considérables. Convenablement exécuté, le modèle constitue un document métrique. Dans certains cas, enfin, il peut non seulement faciliter la rédaction de la carte d'isoline, mais aussi la remplacer. Il nous paraît particulièrement intéressant de reproduire en carton le stéréogramme du document d'isoline. Cette annexe cartographique, en dehors de ses intérêts spécifiques, permet d'une part de se faire une idée de la densité et du patron de répartition des points

(9) Voir notamment Calvin F. SCHMID and E. MACCANNEL, *Basic problems theory and theory of isopleth mapping*, dans *Journal of the American Stat. Ass.*, 1955, march, pp. 220-239, et Ph. W. PORTER, *Putting the isopleth in its place*, dans *Proceedings of the Minnesota Academy of Science*, vol. XXV-XXVI, 1957-1958, pp. 372-382.

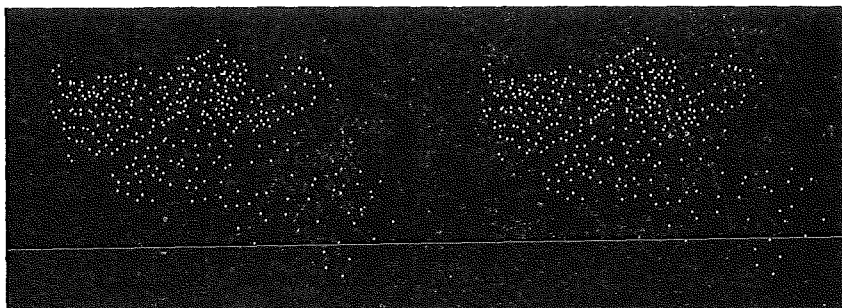


FIG. 1. — Une différence de parallaxe de 0,3 mm correspond approximativement à une différence de potentiel de l'ordre de 50.000 personnes/km.

Le stéréogramme doit de préférence être examiné au stéréoscope à vision directe. Cependant, la fusion stéréoscopique peut être obtenue sans recourir à l'usage de cet instrument. Pour cet effet, l'observateur doit séparer la convergence de l'accommodation. Ceci revient à dire de ne regarder l'image de gauche qu'avec l'œil gauche et l'image de droite qu'avec l'œil droit. La dissociation de l'accommodation et de la convergence peut être facilitée en plaçant une carte perpendiculaire entre les deux semis de points.

de contrôle — information par trop souvent négligée — et d'autre part de donner des renseignements précieux sur le degré de généralisation du relief thématique. Le modèle stéréoscopique de la surface statistique demeure supérieur à certains succédanés de la carte d'isoligne.

Notre expérience pédagogique montre la supériorité du stéréomodèle sur la carte d'isoligne même rehaussée de teintes ou habillée d'estompage. Ceci sans doute par l'instantanéité de la sensation de relief et par suite des caractères plastiques et synthétiques de l'image. En particulier, la lecture et l'interprétation de la surface statistique ainsi visualisée est largement facilitée, alors que la lecture du relief thématique de la carte d'isoligne pose souvent des difficultés de lecture suite aux références automatiques que l'on fait à la lecture des cartes topographiques. La surface statistique n'obéit pas aux mêmes lois que la surface géomorphologique et par conséquent sa lecture nécessite un nouveau système de décodage.

L'observation du stéréogramme (fig. 1) peut être dérangée par la présence de nombreux « bruits » d'image dans la partie N.O. du modèle. Les irrégularités peuvent être liées à la nature de la surface statistique ou provoquées par les aléas du découpage du territoire et du choix des points de contrôle. Cependant, les « bruits » résultent également de la puissance de l'acuité stéréoscopique par rapport à l'acuité monoculaire. La moindre erreur de pointée monoculaire introduit des perturbations dans le modèle stéréoscopique. Le modèle doit donc être exécuté avec le plus grand soin, en utilisant dans toute la mesure du possible un coordinatographe de grande précision. Le modèle que nous présentons a été exécuté par voie manuelle.

La figure 2 représente la carte d'isopotential. L'équidistance est de 20.000 personnes/km. Les lignes qui correspondent aux cotes de 100.000

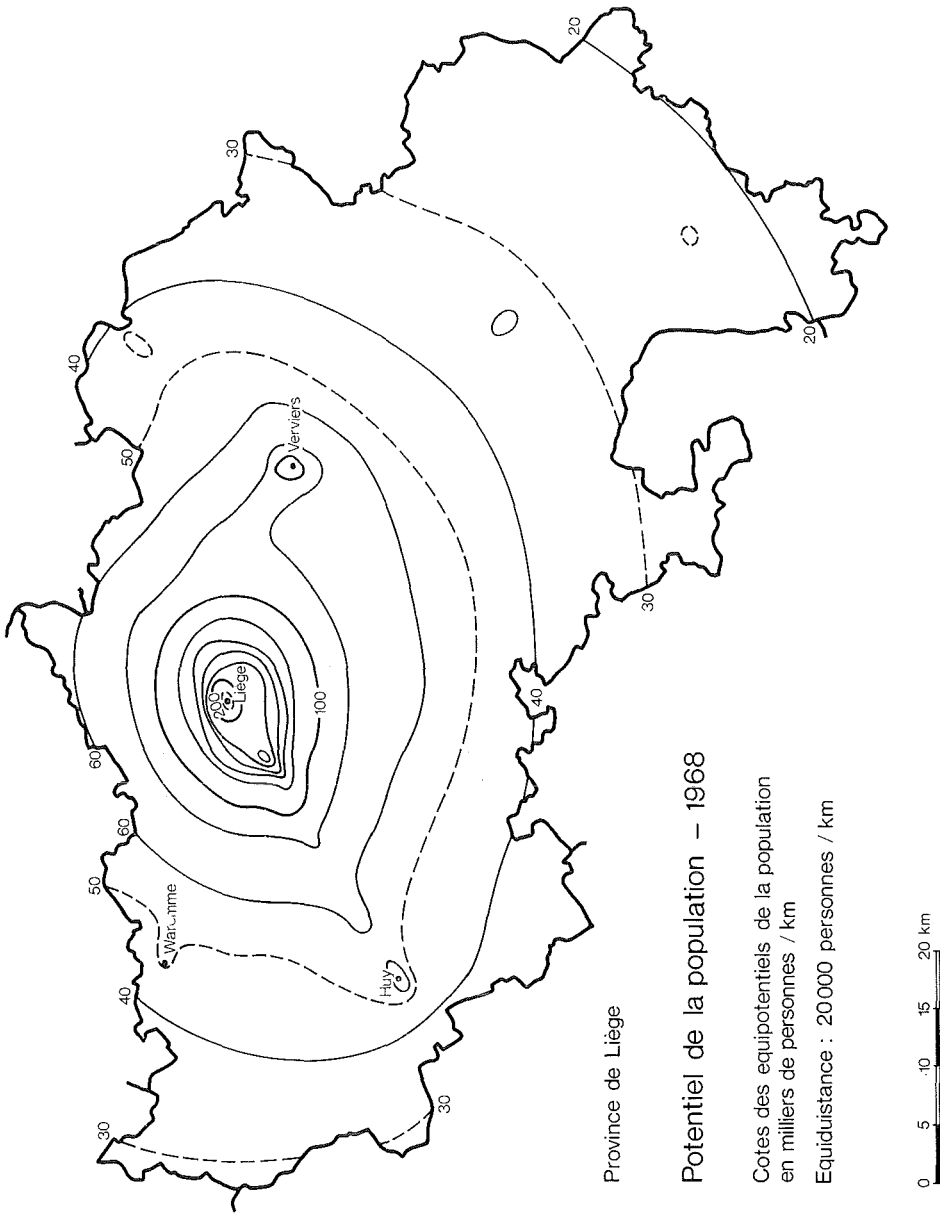


Fig. 2.

personnes/km et 200.000 personnes/km ont été renforcées et constituent des lignes maîtresses. De même pour assurer une plus grande lisibilité, nous avons tracé quelques équidistances intercalaires dans la partie à faible pente de la surface statistique.

Enfin, on peut songer à transformer la carte d'isoligne en stéréogramme (fig. 3). C'est un document d'intérêt surtout didactique.

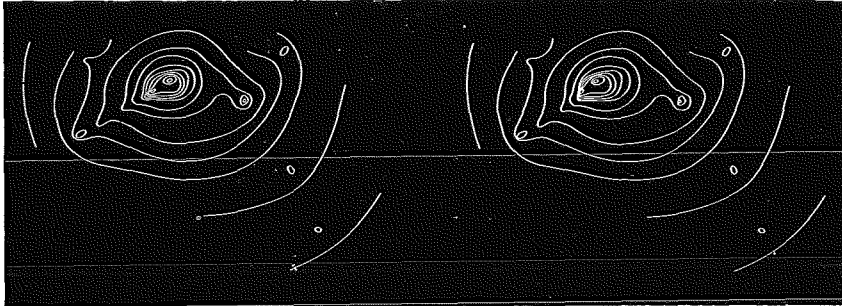


FIG. 3. — Une différence de parallaxe de 0,25 mm correspond approximativement à une différence de potentiel de l'ordre de 20.000 personnes/km.

V. — INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

La surface de potentiel de la population de la province de Liège apparaît comme une surface essentiellement unimodale et assez symétrique.

La répartition de la population de la province de Liège, en comparaison avec la répartition normale, se révèle comme une répartition leptokurtique.

On voit donc que la population de la province de Liège rassemble une plus grande proportion de la population près du centre de gravité que la

TABLEAU. — Proportion de population à l'intérieur d'une certaine distance à partir du centre de gravité, en fonction décimale de la population totale.

Distance	Province de Liège	Surface normale de probabilité
0,5 σ	0,503	0,221
1,0 σ	0,665	0,632
1,5 σ	0,853	0,895
2,0 σ	0,939	0,982
2,5 σ	0,974	0,998
3,0 σ	0,993	1,000 *
3,5 σ	1,000	—

σ est l'écart-type polaire de la population (10).

* cette valeur n'atteint jamais 1. Elle a été portée par la valeur 1 dans le tableau car les chiffres ont été arrondis à trois places décimales.

(10) Celui-ci se calcule par :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum P_i [(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2]}{\sum P_i}},$$

surface normale de probabilité. Les potentiels extrêmes s'enregistrent respectivement pour Liège 212.400 personnes/km et pour Manderfeld 19.500 personnes/km. Le contour de 120.000 personnes/km circonscrit assez fidèlement l'agglomération liégeoise. Pour cette dernière le maximum relatif observé pour le Bassin d'amont, 201.700 personnes/km (Jemeppe-sur-Meuse), nous paraît significatif. La surface statistique révèle également les traces des vallées de la Meuse et de la Vesdre.

On remarquera tout particulièrement l'importance du maximum relatif de Verviers (120.500 personnes/km).

Les autres maxima et les principales incurvations des isolignes correspondent généralement à des centres locaux tels que Huy (59.600 personnes/km), Waremme (50.600 personnes/km), La Calamine-Welkenraedt (55.900 personnes/km), Malmédy (41.000 personnes/km), Saint-Vith (24.900 personnes/km).

On peut s'étonner de ne pas enregistrer un maximum local pour Eupen. Ceci est dû non seulement à la position marginale d'Eupen par rapport à la province, mais aussi et surtout à la faiblesse de potentiel qu'exerce Eupen sur lui-même par suite de l'importance de sa superficie. Cette anomalie est due donc au type de correction adopté pour l'autopotential. Ce terme devrait être moins sensible à l'étendue territoriale des communes.

Notons également que les valeurs de potentiel sont fonction notamment de la région de référence (12). Les limites provinciales correspondent assez bien aux limites de la région, sauf dans le sud, mais où les densités d'occupation sont faibles. Les potentiels de la périphérie de la région sont moins significatifs.

Il serait intéressant d'étudier des corrélations éventuelles qui pourraient exister entre les valeurs de potentiel et d'autres valeurs macrogéographiques et macro-économiques. De même, il conviendrait de consacrer une attention particulière à la pente de la surface statistique ou mieux à son gradient. En effet, il serait logique de s'attendre, toutes autres choses étant égales, à ce que les migrations s'effectuent principalement en direction du gradient, et que leur intensité soit fonction de la valeur de celui-ci.

CONCLUSIONS

Le potentiel constitue un outil intéressant d'analyse de structure. Sur le plan cartographique associé à la technique d'isoligne, il complète sinon

dans lequel \bar{x} et \bar{y} sont les coordonnées de centre de gravité de la répartition. Elles s'obtiennent par :

$$\bar{x} = \frac{\sum P_i x_i}{\sum P_i} \text{ et } \bar{y} = \frac{\sum P_i y_i}{\sum P_i}$$

(12) A titre d'exemple, les potentiels de Liège, de Verviers, de Huy et de Manderfeld, calculés au niveau national, deviennent respectivement : 311.500 personnes/km, 200.600 personnes/km, 173.800 personnes/km et 76.800 personnes/km.

dépasse les notions concurrentes — semis de répartition, densité. Il convient aussi bien à la représentation des stocks que des flux.

Un semis de points cotés peut très utilement être transformé en un champ « continu ». Le modèle stéréoscopique peut dans certains cas remplacer la technique d'isoligne qui est cependant admirablement adaptée à la représentation cartographique des volumes géographiques continus.

Davantage d'études théoriques et empiriques seraient nécessaires pour apprécier les utilités de la méthode. En particulier quelles sont les déformations et les possibilités d'exploitation photogrammétrique de l'image plastique ?

Les principaux inconvénients de la méthode nous semblent être l'assujettissement à l'observation stéréoscopique et la limitation d'échelle qui en découle. Il ne faudrait en effet pas oublier que près de 20 % des personnes ont des anomalies de perception stéréoscopique.
