

JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DE PARIS

E. CHEYSSON

Les méthodes de statistique graphique à l'Exposition universelle de 1878

Journal de la société statistique de Paris, tome 19 (1878), p. 323-333

http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1878__19_323_0

© Société de statistique de Paris, 1878, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Journal de la société statistique de Paris » (<http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/J-SFdS>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

IV.

LES MÉTHODES DE STATISTIQUE GRAPHIQUE A L'EXPOSITION UNIVERSELLE. DE 1878

Quoique née d'hier, la statistique graphique étend chaque jour son domaine et le cercle de ses applications. Il n'est presque pas aujourd'hui de branche de l'activité humaine qui ne recoure à ses services. Elle répond, en effet, de la manière la plus heureuse, à un double besoin de notre époque : nous sommes pressés, mais nous aimons l'exactitude; il nous faut des renseignements qui soient à la fois rapides et précis. Or, les procédés graphiques remplissent à merveille ces deux conditions. Ils nous permettent, non-seulement d'embrasser d'un seul coup d'œil la série des phénomènes, mais encore d'en signaler les rapports ou les anomalies, d'en trouver les causes, d'en dégager la loi. Ils remplacent avantageusement ces monceaux de

chiffres, sous lesquels la vérité est comme enfouie, et auxquels de vigoureux esprits savent seuls faire violence et arracher leurs secrets. Cette méthode convient donc parfaitement au siècle de la vapeur et de l'électricité. Elle donne, pour ainsi dire, des ailes à la statistique. Sans nuire à la précision de cette science, elle en étend, elle en vulgarise les bienfaits. Son succès ne peut donc que s'affirmer chaque jour davantage et puiser comme un nouvel élan dans son impulsion actuelle : *Vires acquirit eundo*.

Cette méthode n'a pas seulement l'avantage de parler aux sens et à l'esprit, et de peindre aux yeux des faits et des lois qu'il serait difficile de découvrir dans de longs tableaux numériques. Elle a, de plus, le privilège d'échapper aux obstacles qui restreignent la facile diffusion des travaux scientifiques et qui tiennent à la diversité offerte par les différentes nations, sous le rapport de leurs idiomes et de leurs systèmes de poids et mesures. Ces obstacles sont inconnus au dessin. Un diagramme n'est pas allemand, anglais ou italien; tout le monde saisit immédiatement ses rapports de mesure, de surface ou de coloration. On est donc en droit de le dire : la statistique graphique est la véritable langue universelle, et permet aux savants de tous les pays d'échanger librement leurs idées et leurs travaux, au grand profit de la science elle-même.

Toutefois, pour que cette méthode puisse remplir entièrement ce rôle magnifique d'expression universelle et internationale, auquel la destinent son caractère et son principe, il lui reste de sérieux progrès à accomplir. Il y a, en effet, une réelle « confusion de langues » parmi les savants qui la pratiquent. Chacun d'eux, en la parlant, suit son imagination et ses préférences.

Je ne regrette pas, pour ma part, cette indiscipline des débuts. Elle favorise la spontanéité, l'originalité des solutions; elle en fait éclore d'ingénieuses, qu'une règle plus sévère aurait peut-être étouffées. C'est une première sève, qu'il eût été imprudent de vouloir diriger, au risque de la tarir. Mais ce ne peut être là qu'une phase préalable. Le moment viendra où la science sera tenue de poser des principes généraux et d'arrêter des types déterminés qui correspondront aux différents besoins de la pratique, tout en offrant les ressources les plus variées au choix des statisticiens.

Ce moment n'est-il pas déjà venu ?

Beaucoup de bons esprits, je le sais, pensent que toute tentative de réglementation est prématurée, et qu'on doit encore laisser libre carrière à l'indépendance, j'oserais presque dire à la fougue individuelle. D'autres statisticiens au contraire (et je partage leur avis) estiment qu'on ne devrait pas tolérer plus longtemps cette sorte d'anarchie à laquelle nous assistons; qu'elle gaspille stérilement beaucoup de généreux efforts, et que, sans aller jusqu'à conseiller d'entreprendre déjà le code définitif de la statistique graphique (lequel devra d'ailleurs rester toujours assez flottant pour ne gêner aucune initiative légitime), on serait peut-être, dès à présent, en mesure d'en aborder utilement tel ou tel chapitre, ou, plus modestement encore, tel ou tel article. En tout cas, d'après l'opinion que j'analyse, on pourrait tenter déjà la classification des procédés graphiques, et les ramener à un certain nombre de types bien définis.

Cette conclusion me semble s'imposer à l'esprit du visiteur attentif de l'Exposition, lorsqu'il y constate l'emploi très-étendu que presque toutes les nations ont fait de la statistique graphique, pour manifester les principaux éléments de leur vie

intellectuelle, économique et sociale. A chaque pas, on rencontre des applications de cette méthode. Tout le monde s'y essaie. Assurément, ce n'est pas partout le même ton, ni le même accent ; mais c'est au fond la même langue, qui attend sa grammaire et son Vaugelas. Cet empressement à la parler, ou même à la bégayer, montre assez qu'elle répond à un besoin général et profond, en même temps qu'il permet d'apprécier la richesse et la variété de son vocabulaire.

L'Exposition offre donc des facilités exceptionnelles pour constater l'état présent de cette science nouvelle, et pour préjuger son avenir. C'est cette étude que je voudrais tenter ici, en y joignant quelques indications timides sur le classement des méthodes.

Au seuil de cette étude, je dois d'ailleurs faire observer qu'elle devra systématiquement omettre, quel que puisse être leur intérêt scientifique, tous les dessins qui ne se distinguent pas par quelque trait original, par quelque particularité de conception ou d'exécution. J'en demande pardon d'avance à leurs auteurs, en invoquant à titre d'excuse, qu'il ne s'agit pas ici de juger la valeur intrinsèque des dessins exposés, mais seulement de les étudier au point de vue du procédé et de la classification des types.

DIAGRAMMES ORTHOGONAUX.

La forme la plus simple du dessin statistique est le *diagramme à coordonnées rectangulaires ou orthogonales*. C'est celui qui sert à définir la position des points terrestres à la surface du globe et celle des astres dans le ciel. Il peint très-nettement aux yeux la trajectoire d'un projectile dans l'espace, et permet de régler sûrement l'itinéraire de divers mobiles qui sont appelés à se suivre ou à se croiser sur une même voie, comme on le fait par les ingénieurs *graphiques de la marche des trains* pour les chemins de fer.

Le plus souvent, on porte, en *abscisse* horizontale, le temps, et, en *ordonnée* verticale, le fait dont on veut peindre la variation. On réunit par des lignes inclinées les points ainsi déterminés, comme si, entre ces deux points, le phénomène variait d'une manière continue dans le temps. D'autres fois, au contraire, on procède par une série de gradins horizontaux, pour exprimer aux yeux que les ordonnées sont des moyennes établies sur une certaine durée. Chacun de ces systèmes peut avoir utilement son emploi, suivant l'objet qu'on se propose.

Qu'ils consistent en une courbe continue, ou qu'ils soient formés d'échelons successifs, les diagrammes expriment la relation entre deux variables qui sont fonction l'une de l'autre. Mais, en outre, pour ceux qui sont les plus complets et les plus instructifs, et qui, à ce titre, méritent de servir de types, l'aire comprise entre la courbe et la ligne des abscisses représente l'intensité d'un fait ou d'un phénomène, qu'il importe de mesurer, et qui correspond au produit des deux variables. C'est ainsi que les diagrammes tracés par l'*Indicateur de Watt* figurent à la fois : par les courbes, les variations de la pression de la vapeur dans le cylindre, et par l'aire, celles du travail, c'est-à-dire du produit de la force par l'espace parcouru. Il en est de même pour les diagrammes relatifs aux mouvements annuels d'importation ou d'exportation : l'aire de la courbe représente la somme totale des échanges pendant la période considérée.

Ordinairement, on ne s'en tient pas à une courbe unique, mais on en superpose plusieurs sur le même diagramme. Ainsi, on représente simultanément la mortalité et le prix du pain, le taux des salaires et le montant des épargnes, l'intensité magnétique et les taches solaires (1). Par là, on fait apparaître des relations saisissantes et parfois inattendues entre différents ordres de faits bien choisis.

Ici encore, pour ces courbes multiples, plusieurs systèmes sont en présence. Tantôt, leurs ordonnées partent toutes de la ligne des abscisses, et alors (à n'en considérer que deux pour plus de simplicité) l'écart entre les deux courbes exprime la différence des deux faits envisagés; ce sera, par exemple, l'excédant de la recette brute sur la dépense ou la recette nette; ailleurs, ce sera la différence entre les exportations et les importations, ou « la balance du commerce ». Tantôt, au contraire, on porte la nouvelle ordonnée à partir de l'extrémité de celle qui limite la courbe la plus basse, de telle manière que la courbe supérieure représente le total des deux faits dont il s'agit, comme, par exemple, la somme des recettes des voyageurs et des recettes des marchandises. Ce second type est moins clair que le premier, et doit être réservé à certains cas particuliers qui en commandent l'emploi.

Ne pourrait-on pas distinguer ces deux systèmes en désignant le premier sous le nom de : *diagrammes orthogonaux à courbes absolues*, et le second sous celui de : *diagrammes orthogonaux à courbes totalisatrices*? On aurait de même les *diagrammes orthogonaux à gradins absolus*, ou à *gradins totalisateurs*.

Quelques diagrammes, fidèles à la signification algébrique des signes, portent en ordonnées, au-dessous de la ligne des abscisses, les valeurs qu'on peut appeler négatives, comme les dépenses, les recettes étant figurées au-dessus de cet axe.

Dans tous les cas, une règle générale qui domine de haut cette matière, c'est qu'il faut tout sacrifier à la clarté. Vouloir trop charger un diagramme, c'est le rendre compliqué ou obscur; c'est perdre tout le fruit de la méthode graphique. L'Exposition présente ainsi plus d'un diagramme qui a dû coûter beaucoup de peine à son auteur, et qui est bien plus malaisé à comprendre que le tableau numérique auquel il sert de traduction. Si le dessin se refuse à exprimer trop de détails à la fois, on doit avoir le courage d'en élaguer assez pour acheter, au prix de ce sacrifice, la simplicité et la clarté, qui sont la condition même et la raison d'être de ces dessins.

Dans le même ordre d'idées, je signale aussi l'abus des longues légendes. Un diagramme qu'on ne devine qu'à travers les explications d'un long texte pèche gravement contre la méthode.

Les diagrammes orthogonaux se rencontrent à chaque pas dans l'Exposition. Dans l'impossibilité de les énumérer tous, je me borne à citer les suivants, qui me semblent mériter une mention particulière :

Chambre de commerce de Marseille. (Annexe des ports de commerce, sur la berge de la Seine.) — Diagrammes remarquablement exécutés. Chaque période décennale se détache par une teinte plate plus ou moins foncée. Les écritures, les couleurs, les courbes, tout peut servir de modèle.

(1) Voir dans l'ouvrage : *Nature* (1874), les diagrammes dressés par M. G. Dawson, et qui représentent simultanément, sur les mêmes ordonnées, les variations du niveau du lac Érié, et celles des taches solaires.

Compagnie du canal de l'isthme de Suez. (Pavillon spécial au Trocadéro.) — **Beaux** diagrammes relatifs à l'importance du trafic du canal.

Ville de Paris. (Pavillon au centre du palais du Champ de Mars, galerie extérieure.) — Diagrammes financiers, avec emploi de courbes négatives pour les dépenses.

Compagnie du Creuzot. (Pavillon voisin de la porte de la Seine.) — Diagrammes indiquant l'importance des diverses industries.

Manufactures des tabacs. (Pavillon spécial.) — Diagrammes représentatifs de la consommation du tabac en France.

Gouvernement de la Suède. (Pavillon d'anthropologie.) — Diagrammes très-complets et très-clairs pour montrer la mortalité quinquennale dans ce pays, depuis 1720 jusqu'à 1870. On peut rapprocher de ce remarquable travail les diagrammes dressés par le savant directeur de la statistique en Prusse, M. le docteur Engel, pour exprimer les résultats des quatre derniers recensements de 1864, 1867, 1871 et 1875, en Prusse.

Gouvernement de l'Italie. — Vingt-quatre diagrammes, ayant pour auteur l'honorable directeur de la statistique italienne, M. Bodio, et représentant le mouvement des prix et des salaires pendant une période très-étendue.

Gouvernement de la Russie. (Palais du Champ de Mars, section russe.) — Diagramme du mouvement d'exportation des bois par les divers ports de la Finlande : dans un coin de la même feuille se trouve une carte de ce pays, et chacun des ports de la carte est rattaché par une ligne plus ou moins sinueuse à la courbe diagraphique consacrée à ce port. Bien qu'en lui-même le diagramme ne soit peut-être pas à l'abri de toute critique, il est juste de relever son heureuse association avec la géographie.

Gouvernement de la Belgique. — Ingénieux diagrammes, dressés par M. Lebon, chef de bureau de la statistique belge, et indiquant le degré d'activité politique en Belgique, d'après le nombre des votants et des électeurs par province et par arrondissement.

Le Ministère français de l'agriculture et du commerce expose dans la classe 8 (enseignement supérieur) un très-bel album de diagrammes orthogonaux, teintés, à gradins totalisateurs, à l'aide desquels M. F. Bonnange a représenté tous les faits de la production nationale et les échanges de la France avec les autres pays.

De beaux diagrammes accompagnent le grand ouvrage du tableau décennal du commerce de la France publié par la Direction générale des douanes, ainsi que celui qui résume les observations hydrométriques recueillies sous la direction de l'éminent et regretté M. Belgrand, et dignement continuées par son dévoué collaborateur, M. Lemoine.

Enfin, il convient de signaler, à titre tout à fait spécial, les admirables travaux graphiques de M. le docteur Marey, exposés dans la classe 6, section française. M. le docteur Marey a fait faire de grands progrès à l'enregistrement mécanique des phénomènes physiologiques et naturels : il a montré que rien ne résistait à ce procédé, pas même les mouvements les plus fugitifs et les plus instantanés, qui

viennent tous docilement s'inscrire sous ses enregistreurs (1), se prêtant ainsi à des constatations précises et à des déductions rigoureuses. Dans un rapport consacré à la statistique graphique, il est impossible de ne pas rendre hommage à ce savant, qui ne s'est pas contenté d'inventer les appareils les plus ingénieux et d'en tirer le plus utile parti pour la science médicale, mais qui vient encore de consacrer aux méthodes graphiques un traité aussi remarquable par la forme que par le fond (2).

DIAGRAMMES POLAIRES.

Les coordonnées orthogonales ou rectangulaires ne sont pas les seules employées pour les diagrammes. La statistique graphique fait aussi un fréquent usage des *coordonnées polaires*, dans lesquelles les ordonnées, au lieu d'être parallèles entre elles et perpendiculaires à la ligne des abscisses, convergent toutes à un même centre.

Ce mode de représentation est adopté avec avantage pour exprimer, par exemple, l'intensité relative des vents suivant les différents azimuts de l'horizon, ou encore la succession des faits dont la période est liée, dans la journée, à l'heure, ou dans l'année, à la saison, pourvu que les spires successives ne chevauchent pas et restent suffisamment distinctes. Il est juste d'ajouter à l'actif de ce procédé qu'il comporte une certaine élégance décorative, exige peu d'espace, et peut se loger là où le diagramme rectangulaire ne serait pas de mise. C'est donc une ressource à laisser à la disposition des statisticiens, sous la réserve qu'ils n'en abuseront pas et sauront toujours rester clairs.

On peut citer, comme spécimens de ce genre, les diagrammes contenus dans le grand ouvrage du Ministère italien des travaux publics (*Cenni monografici sui singole servizi. — Relazione generale*), et relatifs à la situation de la voirie terrestre et ferrée, par province, et ceux que présente M. Lebon pour la *Statistique comparative des provinces de Belgique*, envisagée sous dix points de vue démographiques différents. Chaque province occupe un secteur du cercle, et chacun des dix ordres de faits à traduire est désigné par une couleur spéciale. Cette couleur offre elle-même deux nuances pour distinguer les faits supérieurs ou inférieurs à la moyenne. (Pavillon d'anthropologie. — Trocadéro.)

La Chambre de commerce de Marseille, dans son exposition déjà mentionnée, a eu également recours à ce système, mais avec une variante. Elle a exprimé le tonnage des divers pays par le développement des arcs mesurés sur la circonférence extérieure d'un anneau, dont le grand rayon est tel que la circonférence entière représente le tonnage total à l'échelle adoptée. L'effet graphique est satisfaisant; toutefois, si la légende n'y mettait ordre, l'esprit serait tenté de faire intervenir dans la mesure des faits, non la largeur des arcs, mais l'aire des secteurs.

CARTOGRAMMES.

Quelle que soit la construction des diagrammes, ils expriment le rapport entre deux variables linéaires, généralement le temps et un autre facteur. Mais on a

(1) Parmi les appareils imaginés ou perfectionnés par M. Marey, il faut citer le myographe, le sphymographe, le cardiographe, le chronographe, etc.

(2) *La Méthode graphique*. In-8° de 672 pages, chez Masson, libraire-éditeur.

souvent besoin de peindre les variations d'un fait dans différentes contrées. La relation se complique et augmente d'un degré, puisque l'un des deux facteurs linéaires du diagramme devient une surface. On veut laisser chaque localité, chaque district à sa place exacte, pour saisir la loi de la distribution géographique du phénomène. Le diagramme ne convient plus à ces exigences, et c'est au *cartogramme* qu'il faut recourir.

Le cartogramme se prête aux solutions les plus variées, mais qui me semblent pouvoir être distinguées en quatre catégories principales.

1^o Cartogrammes à foyers diagraphiques.

Dans la première catégorie, que je propose d'appeler celle des *cartogrammes à foyers diagraphiques*, on bâtit sur chaque point qu'on veut signaler, sur chaque « foyer », un petit diagramme spécial. L'ensemble de ces diagrammes représente, pour la contrée envisagée, la loi des phénomènes dans le temps et dans l'espace.

A cette série se rattachent les cartogrammes suivants :

Carte exposée par le Ministère français des travaux publics (dans son pavillon), et représentant l'industrie minérale. Chaque lieu de production de combustibles minéraux ou de minerais est le centre d'un cercle dont la surface est proportionnelle à l'importance de l'extraction.

(A propos de cette proportionnalité, il est à peine besoin de faire remarquer qu'il est aisé d'obtenir les diamètres de ces cercles à l'aide d'un petit diagramme parabolique qui dispense de tout calcul. Plus simplement encore, il suffit de recourir à l'admirable *abaque* ou compteur universel de M. Léon Lalanne.)

Trois cartes dressées par M. le docteur Engel, et montrant, pour la Prusse, par des cercles ou des carrés, la distribution des forces motrices à vapeur, à vent ou à eau, celle des populations rurales ou industrielles. Ces cartes sont très-claires, très-élégantes et pleines d'enseignements.

Une carte de la mortalité cholérique, dans la province du Brabant, dressée par M. le docteur Janssens. De petits cercles divisés en secteurs colorés de rouge et de noir donnent, à l'aide d'une notation très-nette, jusqu'à seize expressions distinctes pour graduer l'intensité des faits.

Une carte composée par M. Toussaint Loua, chef de bureau de la statistique générale de France, secrétaire général de la Société de statistique de Paris. Cette carte, qui est ingénieuse et expressive, représente la répartition des étrangers en France, par département, à l'aide de cercles dont l'aire est proportionnelle au nombre de ces étrangers, et dont la couleur varie selon leur nationalité. Elle exprime en outre leur corrélation avec les pays d'origine à l'aide d'un éventail de flèches, qui rattachent aux divers cercles partiels un grand cercle placé à la frontière. Ce cercle, qui représente une sorte de réservoir d'émigration, a une surface proportionnelle au nombre total des nationaux de chaque pays installés en France.

2^o Cartogrammes à bandes.

Les cartogrammes de la deuxième série peuvent être désignés sous le nom de *cartogrammes à bandes*. Ils ont été inventés simultanément en Belgique par M. Belpaire,

et en France par M. Minard, qui en a vulgarisé l'emploi par ses beaux travaux, et en a montré à la fois la souplesse et la fécondité (1).

Ces cartogrammes sont destinés à figurer un mouvement. Les autres relevaient de la statique ; ceux-ci, de la dynamique. Le long d'une voie de transport, tracez une bande dont la largeur soit proportionnelle au tonnage transporté : vous obtenez une figure sinueuse qui peint le courant de circulation sur cette voie. Tous ces courants, ainsi dessinés sur la carte, représentent des sortes de fleuves qui débitent, non pas des mètres cubes d'eau, mais des tonnes de marchandises ou des milliers de voyageurs. Rien de plus éloquent que ce mode de figuration, pour exprimer les services rendus par ces diverses voies de communication et leurs réactions réciproques.

Dans cette série se rangent les cartes du tonnage sur les routes, les chemins de fer et les canaux, que les connaisseurs ont bien voulu remarquer dans le pavillon du Ministère français des travaux publics, et la belle carte des exportations du Creuzot, exposée par cette grande usine dans son pavillon.

3° *Cartogrammes territoriaux à teintes dégradées.*

La troisième série comprend les *cartogrammes territoriaux à teintes dégradées*. C'est la catégorie la plus nombreuse, et celle qui fournit le plus de spécimens à l'Exposition.

Pour dresser ces cartogrammes, on établit les moyennes d'un fait pour chaque division du territoire, puis on les classe en un certain nombre de groupes, et l'on affecte à chacun de ces groupes, soit une couleur, soit une nuance, qui servent à distinguer toutes les divisions appartenant à ce même groupe.

Les auteurs de ces travaux s'entendent peu sur la formation des groupes, sur leur nombre et sur le procédé graphique destiné à les différencier.

Tantôt les groupes sont inégaux et constitués par des affinités naturelles ; d'autres fois ils sont simplement définis par des écarts identiques ou par des tranches équidistantes dont les limites s'expriment en nombres ronds.

Pour les teintes et les nuances, deux systèmes principaux se disputent aussi la faveur des statisticiens, savoir : celui des *cartogrammes monochromes* et celui des *cartogrammes à deux couleurs* avec ou sans zone moyenne.

a. *Cartogrammes monochromes.* — Dans certaines cartes, on se borne à une seule couleur, dont les dégradations successives, aidées par des hachures, graduent le phénomène depuis la teinte la plus intense, qui indique le maximum, jusqu'au blanc absolu, qui correspond au minimum.

Ce système est celui qui a été appliqué avec succès par M. le docteur Lunier, président de la Société de statistique de Paris, dans son beau travail sur la produc-

(1) Parmi les cartogrammes à bandes dressés par M. Minard, l'un des plus saisissants est celui qui représente les pertes successives en hommes de l'armée française dans la campagne de Russie (1812-1813). La large bande, qui représente la puissante armée au départ sur les rives du Niémen, se resserre de plus en plus à mesure que l'on parcourt les étapes de cette campagne désastreuse, et s'amincit au retour jusqu'à n'être plus qu'un simple trait noir.

Nous ne citons cet exemple que pour montrer la diversité des applications dont ce procédé est susceptible, et la portée des effets qu'il peut atteindre entre des mains habiles.

tion et la consommation des boissons alcooliques en France (classe 16); par M. Heuzé, inspecteur général de l'agriculture, dans ses cartes de la statistique agricole (annexe de l'agriculture); par M. Vesselowski, pour exprimer la libération du territoire entre les mains des serfs russes émancipés (section russe); par le Ministère de l'agriculture, en Autriche (section autrichienne), pour son remarquable album industriel et agricole, dont plusieurs planches sont dues au savant directeur de la statistique agricole autrichienne, M. de Neumann-Spallart.

b. *Cartogrammes à deux couleurs.* — Dans d'autres cartes, on a eu recours à deux teintes, l'une destinée à exprimer les insuffisances au-dessous de la moyenne générale, l'autre les excédants au-dessus de cette moyenne. C'est à ce système que s'est arrêté l'éminent professeur M. Levasseur, dans ses belles publications qui ont tant contribué à vulgariser en France les notions exactes sur les relations de la géographie avec l'industrie, l'agriculture et le commerce.

c. *Cartogrammes à deux couleurs avec zone moyenne.* — C'est aussi à cette combinaison que je donnerai la préférence, mais sous la réserve d'un amendement important. D'accord sur ce point avec M. Loua, j'intercale entre les deux teintes de M. Levasseur une troisième teinte, soit neutre, soit blanche, pour figurer toutes les contrées dont le coefficient ne s'écarte pas sensiblement de la moyenne, en plus ou en moins. Ceci revient à dire que la moyenne, au lieu d'être un point, comme dans le système précédent, devient une surface, une zone. Or, il est quelquefois très-intéressant de connaître cette zone, que ne donnent ni le cartogramme monochrome, ni le précédent cartogramme à deux couleurs. Par exemple, si l'on veut étudier les modifications que comporte une répartition de crédits ou de secours entre les départements, il importe que l'attention soit seulement appelée sur ceux d'entre eux qui sont aux deux extrémités de l'échelle. La teinte neutre, appliquée à tous ceux qui sont dans les conditions moyennes, rassure sur leur compte et les soustrait à la nécessité d'une vérification. On pourrait citer bon nombre de cas analogues, où l'introduction de la zone moyenne répond à une convenance réelle du travail.

Quant à la détermination de cette zone, c'est une question de tact dans chaque espèce. On y est grandement aidé en recourant à un diagramme auxiliaire qui donne l'allure du phénomène et permet la formation rationnelle des groupes.

Il suffit, d'ailleurs, en général, de recourir à sept nuances, dont une pour la zone moyenne, trois pour les écarts supérieurs et trois pour les écarts inférieurs à cette zone.

Ce système à trois couleurs et sept nuances, et le système monochrome à cinq nuances, que je reconnais préférable pour certains cas définis, me paraissent de nature à être recommandés comme types des cartogrammes territoriaux à teintes dégradées.

Je cite seulement pour mémoire la solution proposée par M. Vauthier. Cet ingénieur, placé en face du problème que j'examine, a imaginé, pour le résoudre, d'emprunter la loi de la succession des teintes à celle des aspects que présentent en général les grandes montagnes à leurs différentes hauteurs. En vertu de cette assimilation (toute gratuite d'ailleurs), il place au sommet du phénomène, pour en figurer le maximum, la couleur blanche, celle des neiges éternelles; au-dessous, le vert, qui répond aux forêts, puis le jaune des cultures de la plaine, et enfin, au plus bas, au minimum, le bleu des eaux. L'idée est ingénieuse, mais l'effet produit est, en somme, assez peu satisfaisant.

** Cartogrammes à courbes de niveau.*

Je pense, au contraire, qu'il faut accorder une attention beaucoup plus approfondie à une autre idée du même auteur, celle des *cartogrammes à courbes de niveau*, qui constituent la quatrième et dernière série. Il l'a développée dans une brochure (1), et en a fait plusieurs applications intéressantes, qui sont exposées dans le pavillon d'anthropologie, au Trocadéro.

Ainsi que M. Vauthier le reconnaît lui-même, à la fin de sa brochure, cette idée appartient à M. Lalanne, inspecteur général des ponts et chaussées, qui l'a présentée, dans une communication du 17 février 1845, à l'Académie des sciences, et dont il faut citer le nom avec honneur toutes les fois qu'on parle des méthodes graphiques, auxquelles il a fait faire un grand pas (2). Elle revient à assimiler les faits qu'on veut exprimer à la hauteur d'un terrain au-dessus du niveau de la mer. Si l'on connaît ces faits pour les divers points du sol, et si l'on réunit par un trait continu tous les points d'égale intensité, on obtient des *courbes de niveau statistiques*, qui ont la plus grande analogie, dans leur génération et leur expression, avec les courbes de niveau topographiques.

On peut accentuer ou même remplacer ces courbes par des hachures, comme on le fait sur les cartes hypsométriques ; on peut aussi couvrir leur entre-deux par des teintes différentes ou les nuances dégradées d'une seule couleur. M. Vauthier, qui a essayé les différents systèmes, en a obtenu des effets vraiment saisissants. Ainsi, pour la carte de la population, le relief est précisément inverse de celui du terrain naturel ; les vallées et les dépressions de la première carte correspondent aux régions montagneuses de la carte d'état-major.

Sur une carte de la mortalité infantile, on voit de même se creuser en certains points des sortes de lacs, et ailleurs, comme dans Eure-et-Loir, se dresser de véritables « pics mortuaires ».

Dans cette même catégorie, on peut ranger les *cartogrammes météorographiques*, dont l'usage se répand de plus en plus, et qui, à l'aide de courbes de niveau *isobares*, *isothermes*, *isotères*, *isochymènes*, etc., rendent à la marine et à l'agriculture des services chaque jour plus appréciés (3).

Suivant le procédé déjà appliqué pour le relief du sol, on pourrait traduire ces cartes à courbes de niveau statistiques par un solide, en superposant à leur emplacement respectif des rondelles découpées sur ces courbes, et ayant l'épaisseur qui correspond, d'après l'échelle, à leur équidistance. On obtiendrait ainsi un terrain véritable, avec ses montagnes et ses vallées, qui représenterait les faits statistiques, non-seulement pour les yeux, mais encore pour le toucher.

(1) Cartes statistiques à reliefs, par L. Vauthier, ingénieur des ponts et chaussées. — Chaux et C^{ie} et Librairie moderne, boulevard Montmartre, 17.

(2) Parmi les applications que l'on doit à M. Lalanne, l'une des plus ingénieuses est celle de l'*anamorphose simple ou double* pour traduire par des diagrammes à *lignes droites* des lois dont l'expression mathématique n'est pas connue. C'est ainsi que, au moyen d'une sorte d'abaque, on peut calculer à vue la répartition de la population suivant les âges, les probabilités de vie correspondant à ces différents âges, et tous les autres faits les plus complexes de la démographie.

(3) Sous l'habile direction de M. Marié-Davy, l'*Annuaire météorologique de Montsouris* met remarquablement en œuvre tous les procédés de figuration graphiques pour enregistrer et traduire les constatations du pluviomètre, du baromètre, du thermomètre, de l'anémomètre, de l'actinomètre, de l'hygromètre, de l'ozonomètre, etc.

Il est clair que ce mode de figuration demande, comme pour le terrain naturel, des points multipliés, sous peine de ne pas définir les courbes et de livrer leur tracé à l'arbitraire. Avec un point unique par département, on ne pourrait pas mieux établir les courbes statistiques que les courbes hypsométriques. C'est l'inconvénient, mais c'est peut-être aussi, en même temps, l'avantage de ce procédé. Il ne se contente pas à peu de frais, et, par ses exigences mêmes, il condamne le statisticien à multiplier ses observations, à connaître à fond son champ d'opération, à atteindre non-seulement le canton, mais encore la commune. Dans ces conditions, je ne connais pas de système aussi précis, aussi puissant que celui des courbes de niveau, et je pense que, combiné avec l'emploi d'une seule couleur à cinq nuances, ou de trois couleurs à sept nuances, comme on l'a dit plus haut, il mérite d'être recommandé aux préférences des statisticiens.

Je bornerai là cette revue rapide des principaux types dont dispose la statistique graphique. Ce n'est encore là qu'un premier essai, sur lequel j'espère avoir plus tard l'occasion de revenir, en lui donnant tous les développements que comporte le sujet et en l'accompagnant de dessins destinés à en « illustrer » l'explication.

Loin de me dissimuler l'insuffisance et peut-être la hardiesse de cet essai, mon but serait atteint si les réflexions et les critiques dont il sera l'objet pouvaient avoir le double résultat de propager les méthodes graphiques appliquées à la statistique, et de contribuer à les unifier dans une raisonnable mesure.

E. CHEYSSON,

*Ingenieur en chef des ponts et chaussées, chargé de la Direction des cartes et plans
et de la statistique graphique au Ministère des travaux publics.*
