

SOURCES D'ERREUR DANS UNE SÉRIE DE CARTES, OU: LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE, OBJET DE NÉGOCIATIONS

Peter GOULD*

RÉSUMÉ Les cartes peuvent comporter des erreurs de nature temporelle ou spatiale, des erreurs de définition, des erreurs dues à des insuffisances dans le signalement des faits, ou à des estimations incorrectes. C'est ce qu'illustre cette série de cartes sur la diffusion du sida aux États-Unis, qui démontrent la dimension herméneutique de la démarche scientifique et le fait qu'elle doit se négocier socialement.

• DIFFUSION • ERREURS DANS LES CARTES • HERMÉNEUTIQUE • NÉGOCIATION SOCIALE • SCIENCE • SIDA

ABSTRACT Temporal, definitional and spatial errors may be present in maps, as well as errors of underreporting and estimation. These are illustrated in a series showing the diffusion of AIDS in the United States, and constitute an example of science as a socially negotiated and hermeneutic enterprise.

• AIDS • DIFFUSION • HERMENEUTICS • MAP ERROR • SCIENCE • SOCIAL NEGOTIATION

RESUMEN Los mapas pueden incluir errores relacionados con el tiempo o el espacio, errores de definición, errores debidos a insuficiencias en la descripción de los hechos o a variaciones incorrectas. Para ilustrar dichos problemas, he aquí una serie de mapas sobre la difusión del sida en Estados Unidos que demuestra el aspecto hermenéutico del proceso científico y el echo de que dicho proceso tiene que negociarse socialmente.

• CIENCIA • DIFUSIÓN • ERRORES CARTOGRÁFICOS • HERMENÉUTICA • NEGOCIACIÓN SOCIAL • SIDA

Les cinq cartes illustrant cet article constituent l'expression graphique la plus détaillée jamais présentée de la diffusion géographique du sida aux États-Unis (îles exclues) (1). Basées sur environ 2 500 unités spatialement variables — les comtés le plus souvent —, elles ont soulevé une polémique sur le peu de cas que les autorités sanitaires faisaient de la perspective spatiale au cours de la première décennie de l'épidémie (2), et elles ont choqué le public américain du forum hebdomadaire du magazine *Time* (3). Elles sont également accessibles sous forme d'images animées pour la TV éducative destinées aux jeunes — hétérosexuels pour la plupart — qui constituent actuellement la fraction la plus exposée de la population (4). Il faut souligner d'emblée que le passage d'une classe à l'autre est fonction d'une progression géométrique, chaque degré dans le spectre naturel allant du bleu au rouge multipliant par 7,5 la valeur précédente, et que les zones rouges signifient simplement «plus de 2 000». Cependant, si l'on réalisait une carte en trois dimensions pour 1992, en représentant par 0,25 mm chaque individu infecté par le sida à New York, on obtiendrait

un pic de plus de 4 m de hauteur; celles de Los Angeles, San Francisco, Miami seraient à peine plus petites.

Prise dans son ensemble, la séquence est porteuse d'un message rhétorique lourd de sens — le mot rhétorique étant utilisé ici dans son sens ancien et respectable d'«art de la persuasion» (5). Analysant l'«explosion du sida» dans le domaine carto-géographique, beaucoup admettent pour la première fois que le sida n'est pas quelque chose qui se passe «là-bas», loin d'eux, mais qu'il peut fort bien se trouver tout près d'eux au contraire. Pour un géographe, cette séquence est un exemple classique de diffusion spatiale, prouvant l'existence à la fois d'une diffusion hiérarchique, dominée par des relations d'interaction dans le système urbain ou la hiérarchie urbaine, et d'une diffusion par contagion spatiale à partir d'épicentres régionaux — la «tache de vin sur la nappe».

La perspective carto-géographique vient contredire la vision totalement aspatiale d'une modélisation épidémiologique limitée exclusivement au domaine temporel (6). Du fait que cette

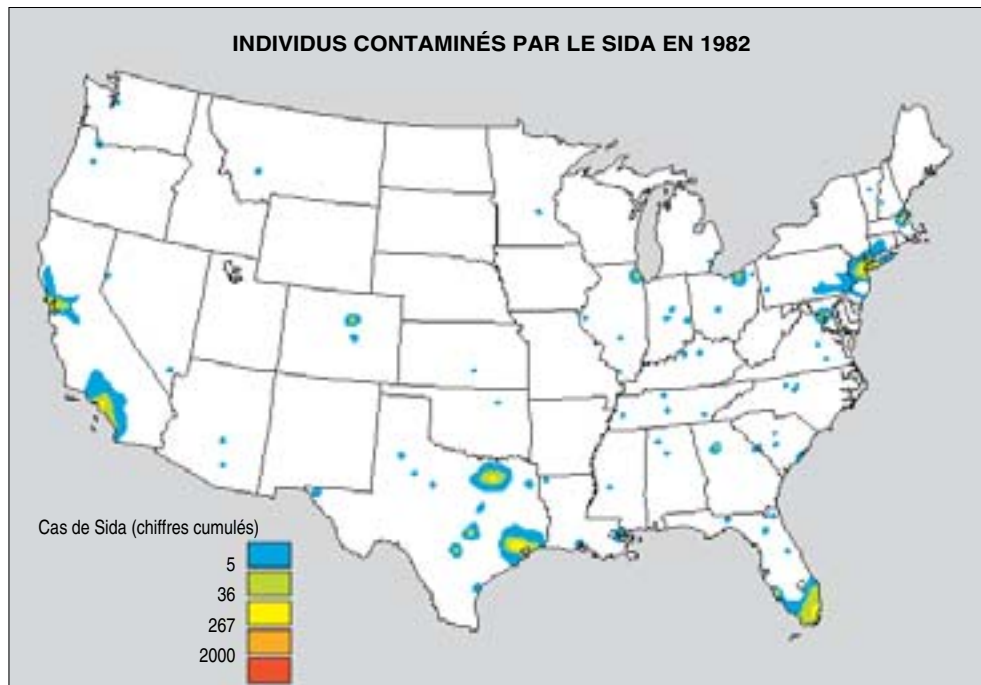
* Université de l'État de Pennsylvanie, États-Unis.

Cet article est respectueusement dédié à la mémoire de Brian Harley, Université du Wisconsin, Milwaukee.

série éclaire des aspects jusque-là dissimulés par l'obstination bureaucratique sous couvert de préoccupations éthiques en apparence irréprochables, et qu'il peut être politiquement délicat, particulièrement en année électorale aux États-Unis, de reconnaître le caractère explosif de la diffusion du sida au cours de la première décennie, il faut s'attendre à ce que certains émettent des doutes sur la validité des cartes, et soulignent avec insistance la présence d'erreurs. Il faut absolument affronter cette critique systématique avec beaucoup de fermeté, dans un esprit scientifique et avec la pleine conscience des implications philosophiques possibles.

La science étant de nature mortelle et non divine, l'erreur est présente dans toute prise de position scientifique. D'abondantes lectures m'ont cependant convaincu que la théorie des erreurs n'a pas beaucoup changé depuis l'époque où Karl Friedrich Gauss faisait des cartes pour le duc de Hanovre au XVIII^e siècle. Ceux-là même qui n'hésitaient pas à porter un jugement sur la quantité d'erreurs présentes s'abritent toujours derrière un écran de présomptions une fois qu'ils ont compris que l'on ne peut préciser la quantité ou le degré d'erreur sans connaître la vérité elle-même. Cette théorie de la vérité et, par voie de conséquence, de l'erreur est elle-même tombée en désuétude depuis l'époque de Kant, et de nos jours, à une époque où règne l'herméneutique, personne ne saurait prendre au sérieux pareille attitude. Ce que nous pouvons faire, c'est prendre position clairement sur les types et les sources d'erreur possibles, avant de démontrer que celles-ci ne changeraient pas fondamentalement les principales conclusions exprimées sur les processus géographiques en cours et les reproductions carto-géographiques auxquelles ils donnent lieu. Qu'un lecteur trouve ou non convaincante cette rhétorique scientifique dépend évidemment de la position herméneutique ou interprétative qu'il est disposé à adopter. Au bout du compte, la vérité scientifique est toujours socialement négociée, y compris la réalisation et l'interprétation des cartes, comme Brian Harley a eu le temps de nous l'enseigner avant sa mort tragiquement prématurée en 1991 (7).

Quels sont donc les sources et les types d'erreur qui font descendre cette recherche du domaine des dieux jusqu'au pied de l'Olympe, là où vivent les géographes? Il y en a principalement cinq, que l'on ne peut isoler totalement les unes des autres, sauf

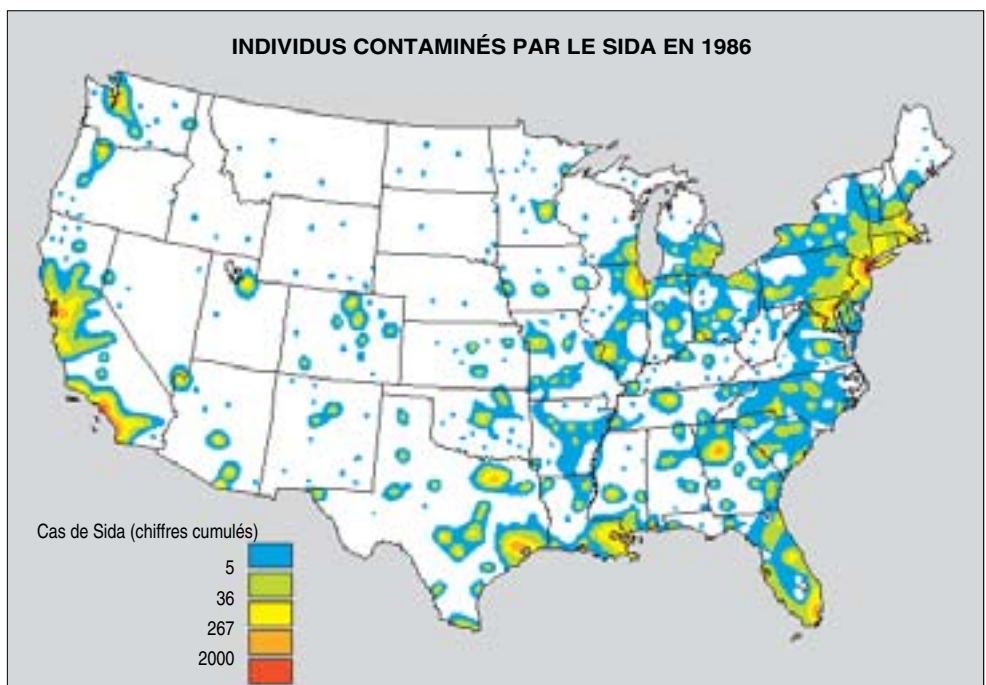
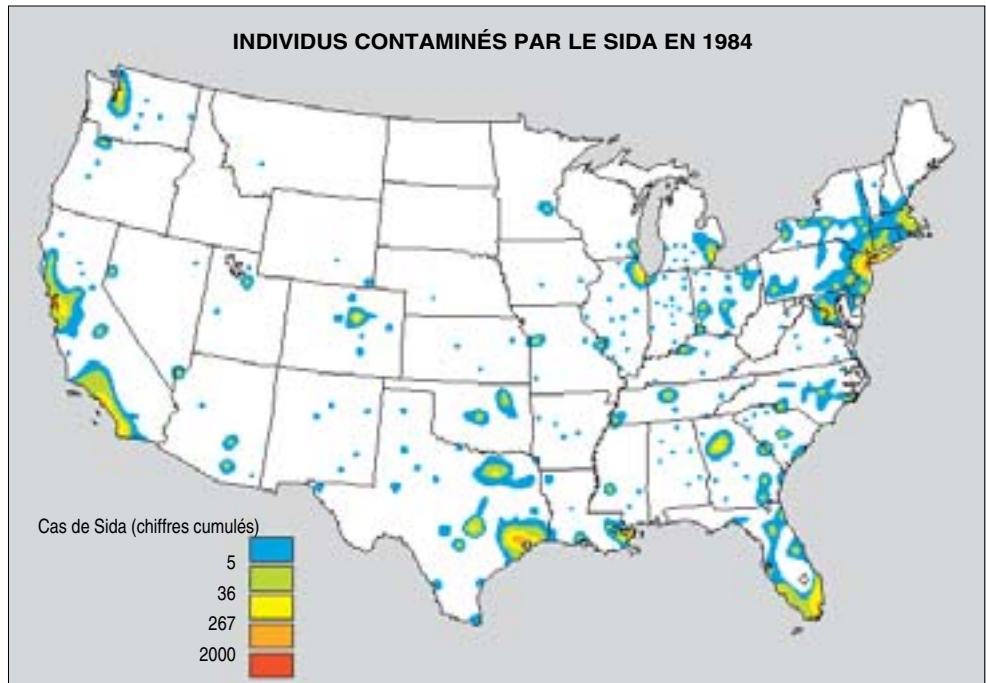


pour les besoins de la démonstration. En premier lieu, il y a un problème de sous-enregistrement, particulièrement dans les premières années de l'épidémie. On en savait moins qu'aujourd'hui sur les diverses manières dont une personne contaminée pouvait passer au stade du diagnostic de sida; les tests étaient moins fiables, et un certain nombre de médecins (peut-être jusqu'à 50% en Allemagne pendant les premières années) étaient disposés à signer des certificats de décès par pneumonie, cancer etc., pour épargner la honte aux familles des malades. Les premières cartes comportent probablement des erreurs de ce genre, qui sont des erreurs par omission.

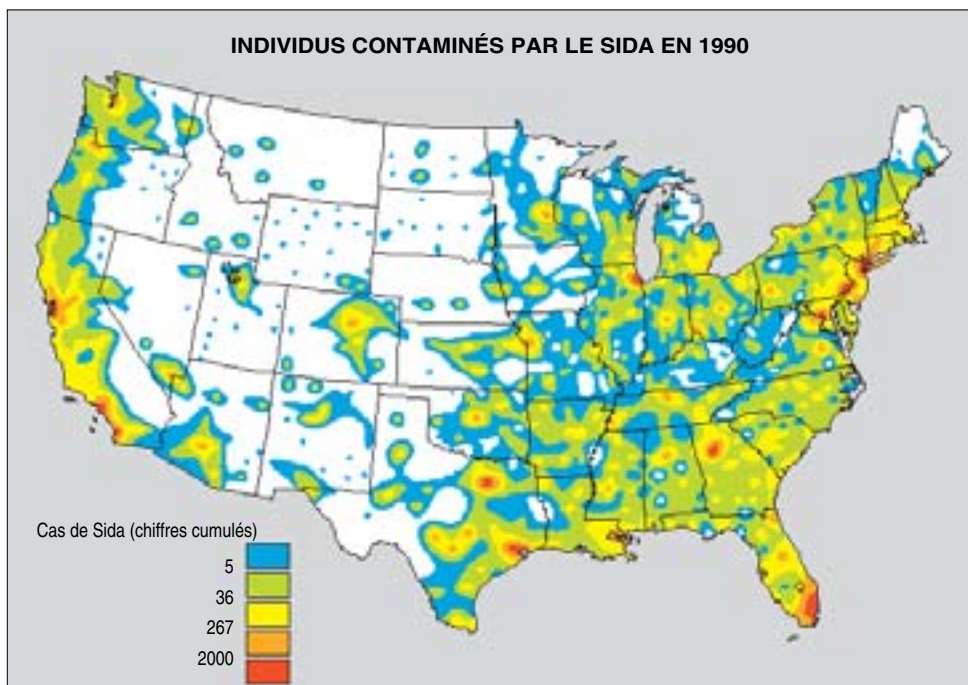
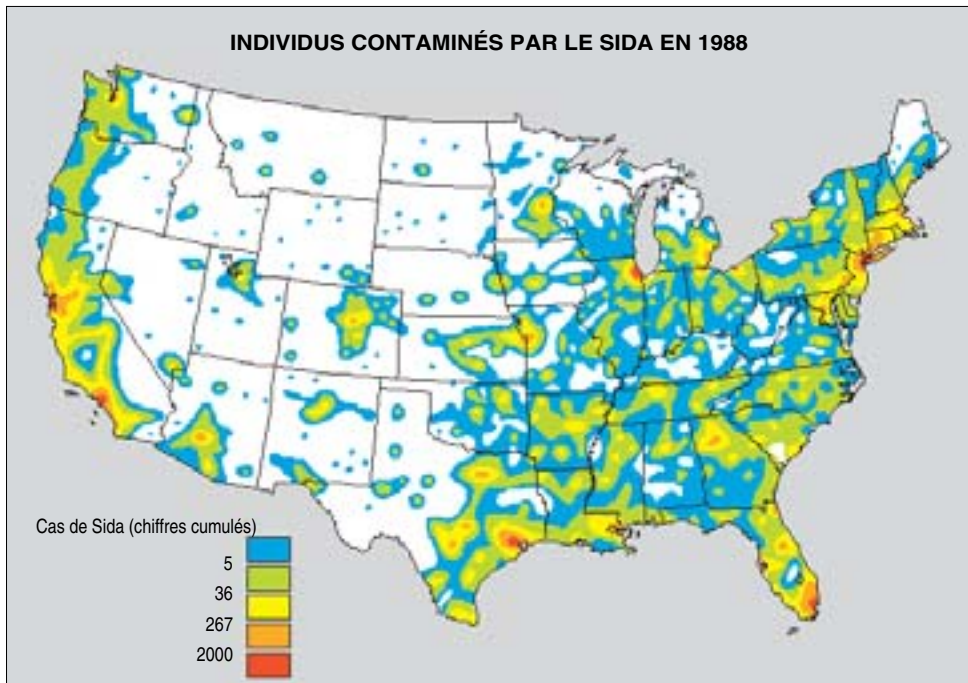
En deuxième lieu, il y a des erreurs de nature temporelle, en général des retards dans la déclaration des cas, qui rendent très difficile la surveillance de l'évolution de l'épidémie, et donc l'utilisation des techniques de prévision s'appuyant sur des informations récentes pour faire les ajustements paramétriques nécessaires. Quel que soit le degré de complexité de la méthodologie et de la technologie employées, il ne sert à rien de traiter des données totalement nulles. Nous risquons même de nous trouver dans cette situation curieuse où les projections par modélisation, loin de surestimer l'évolution de l'épidémie, s'avèreraient en fait dans l'avenir plus proches d'une vérité actuellement inconnue que les chiffres officiels transmis par la bureaucratie médicale. Voilà qui constitue en soi un problème intéressant, pour ne pas dire politique. Même une fois qu'il était devenu obligatoire de déclarer les cas de sida, il peut s'être produit des erreurs grossières dans les précisions temporelles: en juin 1991, 75% des cas de sida déclarés à Washington, DC, ne l'étaient pas avec quelques jours, quelques semaines, voire quelques mois de retard, mais avaient été diagnostiqués au cours des années précédentes (10)!

Les erreurs de nature temporelle sont de toute évidence liées à la troisième catégorie: celle des erreurs de définition. À l'issue de la première décennie de la pandémie, quand on en a su davantage sur le virus HIV et ses effets sur le système immunitaire de l'homme, il a été possible de reconnaître, dans la diminution du nombre des cellules T4 et d'autres méthodes de diagnostic, les premiers signes du passage aux maladies opportunistes. Aux États-Unis il était prévu qu'une nouvelle définition du sida entre en vigueur le 1er janvier 1992, mais au dernier moment elle a été retardée jusqu'après l'élection présidentielle de novembre. Elle est actuellement (c'est-à-dire en octobre 1992) prévue pour le 1er janvier 1993. Même les bureaucrates médicaux estimaient que le total en serait augmenté d'environ 85%, ce qui signifiait qu'il y aurait en 1992 plus de 400 000 personnes contaminées par le sida. C'était politiquement inacceptable, c'est pourquoi les avancées scientifiques dans les tests de diagnostic furent repoussées, après négociation, par le pouvoir central, et le pays poussa un soupir de soulagement en constatant que les choses n'allaient pas si mal après tout. Combien y a-t-il d'individus contaminés, nous ne le savons pas: les estimations vont de 1 à 2 millions.

Le quatrième type d'erreur est l'erreur spatiale, qui relève du domaine de pensée familier au géographe, mais dont les médecins et épidémiologistes ont une expérience limitée, voire nulle.



Leur ignorance ne les empêche malheureusement pas d'émettre des jugements aux conséquences parfois catastrophiques sur notre compréhension en profondeur de l'épidémie, et sur notre capacité à intervenir dans les domaines de l'éducation et de la planification des soins de santé. L'erreur spatiale consiste simplement à mal placer les valeurs spatiales répertoriées, elle peut être considérée comme l'équivalent des retards temporels de



L'erreur spatiale a toutes les chances de se produire en rapport avec la cinquième catégorie d'erreur: l'erreur d'estimation. Il s'en produit beaucoup par suite du souci éthique, tout à fait compréhensible, de protéger l'identité des gens contaminés par le sida. Je tiens à dire clairement que je souscris entièrement à cet idéal éthique, mais tout en soulignant qu'il a été poussé à des extrémités absurdes (12). Il se produit des erreurs spatiales d'estimation au moment du passage à un niveau plus fin de résolution spatiale lorsque les données (le nombre d'individus contaminés) ont été délibérément agrégées spatialement, officiellement pour en préserver la confidentialité. Notons toutefois que même la possibilité de mener une observation scientifique fait maintenant l'objet d'une négociation sociale, où les négociations sont conduites et orientées selon l'éthique d'une société, et le pouvoir qu'elle est disposée à accorder à certains groupes. Aux États-Unis la plupart des États déclarent maintenant les cas comté par comté: certains, telle la Virginie, par secteur postal; d'autres par comtés regroupés en régions; l'une (le Nebraska) donne les chiffres pour trois régions économiques dépourvues de

signalement, qui consistent à «déplacer» les individus d'un mois ou d'une année. Comme n'importe quelle autre erreur, elle est jusqu'à un certain point inévitable. Même si nous avions une carte où chaque personne soit représentée par un point (11), les points individuels ne représenteraient que la moyenne spatiale d'une tache résultant d'un calcul de probabilité, ou «champ de mouvement», créée par des vies humaines individuelles.

toute pertinence; une autre (le Dakota du Sud) pour deux régions, à l'est et à l'ouest du Missouri, alors que rien ne permet de penser que cet élément physique constitue une barrière à la diffusion du virus; quelques États enfin déclarent seulement des totaux pour l'ensemble de leur territoire. La tendance générale est de déclarer les chiffres selon des unités spatiales de plus en plus petites avec la progression de l'épidémie, mesurée du point de vue du taux d'infection (13).

Je souhaite illustrer le problème des erreurs spatiales d'estimation, et la manière dont elles se produisent et s'imbriquent avec un ensemble d'autres problèmes, en m'attachant particulièrement à trois États sur l'ensemble des cartes: le Texas, la Floride et l'Iowa. Le Texas est prêt aujourd'hui à fournir ses données par comté et, pour la période commençant en 1986, l'ensemble des cartes utilise les chiffres transmis officiellement, mis à jour et corrigés. Mais avant 1985 il n'y avait pas de base de données cohérente, et aujourd'hui encore les autorités médicales de l'État ne connaissent que les totaux cumulés à partir de 1985. Nous sommes par conséquent obligés d'estimer les cartes de 1982 et 1984 — ce qui ne nécessite ni mathématiques complexes ni modèle de calcul: les totaux annuels pour 1985-1990 se dessinent avec une régularité toute classique, et on peut les extrapoler après coup, selon une courbe lissée, en remontant jusqu'en 1981, époque où ce que l'on appelle maintenant le sida a été identifié pour la première fois (bien que le HIV n'ait été, lui, découvert qu'en 1982). Ainsi peut-on estimer, avec le minimum d'erreur possible, les totaux cumulés pour 1982 et 1984.

La question se pose alors de savoir comment attribuer ces totaux spatialement. Puisque nous avons les répartitions cartographiées, c'est-à-dire la série spatiale, à partir de 1985, nous pouvons simplement reconstituer les valeurs par comté, disons pour 1984, en proportion des totaux cumulés 1984-1985. C'est là une simple extrapolation linéaire à rebours, mais la différence entre approximation linéaire et approximation non linéaire sera minime sur cette durée. Le résultat doit être interprété par quelqu'un qui ait un minimum de connaissances et de culture: un comté peut apparaître sur la carte dans la catégorie la plus basse (bleue) avec une ou deux personnes malades du sida une année avant ou après que cela se soit réellement produit, mais il faut nous souvenir que nous ne savons absolument pas ce qu'était la réalité à l'époque, et que nous n'avons pas de meilleur moyen de nous en faire une image. Celui qui lit cette carte et son commentaire doit tout simplement juger si cela est plausible, raisonnable, convaincant. Et notons bien que ce jugement sera déterminé par ce que le lecteur lui-même ajoute à ces textes et à ces cartes, en d'autres termes par la position herméneutique qu'il est disposé à adopter. À mon avis un géographe expérimenté trouvera ces estimations spatiales acceptables. J'irai même plus loin: le profane moyen, en examinant toute la série sur le Texas, acceptera sans commentaire les cartes de 1982 et 1984 puisqu'elles reflètent ce que j'appellerai une «logique spatiale», que l'on retrouve partout ailleurs sur la carte (pour la Californie, Washington, New York et la Nouvelle Angleterre, etc.). Chacune des cartes semble procéder très «logiquement» de la précédente, telle une épreuve photographique que l'on développe dans la chambre noire. D'un autre côté, un épidémiologiste intellectuellement sur la défensive, mécontent de voir ainsi dénoncée la puérilité de la stricte perspective temporelle traditionnelle, risquera d'exagérer les erreurs infimes produites par cette procédure d'estimation. La science devient donc là encore une entreprise qui se négocie socialement.

La Floride présente d'autres problèmes humains, pour ne pas dire lourds d'implications politiques. Les autorités sanitaires de

l'État de Floride, auxquelles il avait été maintes fois demandé poliment de bien vouloir communiquer les valeurs cumulées par comté, répondirent qu'elles étaient parfaitement capables de faire elles-mêmes l'analyse géographique de l'épidémie, que seuls les totaux pour l'État étaient accessibles aux personnes extérieures, et qu'elles n'avaient absolument aucun besoin d'aide! Par chance, un employé des services de l'État qui doit, pour des raisons évidentes, rester anonyme, trouva cette attitude de méfiance parfaitement déraisonnable et même immorale puisque, dans un État où l'épidémie était en train de prendre des proportions catastrophiques, elle faisait d'une base de données essentielle la chasse gardée de quelques chercheurs qui étaient de toute évidence des incapables sur les plans géographique et méthodologique. Jusqu'à ce jour par exemple, aucune modélisation géographique n'a encore été publiée ni même entreprise. Nous avons donc reçu un paquet de photocopies des valeurs par comté telles qu'elles apparaissaient à la fin de chaque année, que nous avons augmentées d'un facteur basé sur les totaux par État corrigés après révision de la base et incorporation des chiffres les plus récents. En montant la séquence sur la Floride à partir de ces chiffres révisés, nous avons eu la chance de disposer peut-être de la seule et unique analyse géographique de la diffusion du virus HIV à l'époque, analyse où la Floride constituait l'un des quatre cas étudiés (14). Le résultat est la seule séquence jamais publiée sur la diffusion du sida, une séquence comportant de toutes petites erreurs, mais des erreurs encore impossibles à déterminer.

L'Iowa pose un autre problème, qui se pose également pour des États comme le Montana et le Dakota du Sud, où la population rurale est très peu dense, avec seulement quelques centres urbains. Seuls les totaux de l'État sont alors disponibles, ou même pour le Wisconsin par exemple, qui a de plus fortes densités et une structure de lieu central raisonnablement développée, centrée sur Milwaukee-Chicago. Dans des cas comme celui-ci, il faut attribuer les totaux cumulés de l'État à proportion de la population des comtés. Cette procédure d'estimation se fonde sur l'hypothèse parfaitement raisonnable selon laquelle le sida est largement lié à la densité (15), et des analyses détaillées portant sur des États à peu près comparables, comme l'Ohio et la Pennsylvanie (16), confirment la validité de cette procédure en l'absence de toute autre information. En réalité, d'autres informations sur le Montana, le Wyoming, les Dakota du Nord et du Sud m'ont été communiquées aux strictes conditions déontologiques habituelles qui gouvernent la procédure scientifique d'analyse. Il est clair qu'au premier stade de l'épidémie de sida, le stade de la «germination», comme on l'a dit, l'apparition de cas de sida dans des zones de population rurale très clairsemée concerne presque uniquement de jeunes hommes homosexuels ayant quitté les grands épicentres urbains sur les côtes Est et Ouest pour revenir mourir chez eux. Comme je ne peux ni ne veux utiliser cette information pour «corriger» les premières cartes, il faut ici laisser l'erreur spatiale littéralement «à sa place».

Au cours des premières années, les chiffres cumulés des États sont très faibles (quelques dizaines au plus), et plus tard, quand

l'épidémie se développe, les cartes deviennent de plus en plus fiables, c'est-à-dire moins susceptibles de produire des erreurs. Pour une année où le Montana avait dix cas, le total national était déjà de plusieurs dizaines de milliers. L'erreur globale relative est infime: l'erreur spatiale locale peut être importante à l'origine, mais elle diminue vite. Il faut noter que ce ne sont pas les totaux de l'État qui sont contestés (sauf lorsqu'il s'agit des autres sources d'erreur examinées plus haut), mais l'exactitude des localisations spatiales. À l'exception des «ellipses d'erreur» de Waldo Tobler dans le domaine très différent de l'échelle et de la cartographie multidimensionnelles, je ne crois pas que nous sachions bien mesurer de telles erreurs. Et encore une fois: comment mesurer l'erreur sans savoir d'avance quelle est la vérité?

Pour en revenir à la séquence de cinq cartes, quel effet peuvent avoir ces erreurs sur la foi que nous accordons à cette représentation de la diffusion de l'épidémie à cette échelle? Je souligne «à cette échelle» car un certain degré de généralisation est admis dans toute représentation cartographique. Il ne viendrait à l'idée de personne d'utiliser ces cartes à des fins analytiques plus appropriées à des niveaux beaucoup plus fins de résolution. L'épaisseur d'un trait peut fort bien être supérieure à la taille de certaines des unités urbaines dans un État comme la Virginie. En fait, presque par définition, une affirmation scientifique, qu'elle s'exprime par des mots, des graphiques ou une formule algébrique, reste une généralisation qui nous fait voir la forêt plutôt que les arbres isolés. Notons que dans les régions où la base de données par comté est raisonnablement fine, et les valeurs signalées relativement fiables, par exemple dans presque tout l'est du pays, la séquence telle qu'elle se déroule inspire une grande confiance, et l'on y croit donc. La «logique spatiale» apparaît comme raisonnable et digne de foi. Pourquoi donc en serait-il autrement dans l'Iowa, le Texas, la Floride et les autres États où des estimations ont été faites? Notons pourtant que les mots «confiance», «foi», «raison», «vérité» se sont glissés dans l'argumentation. Que vous ajoutiez foi à la séquence cartographique, que vous la jugiez raisonnable et proche d'une vérité inconnue, dépend uniquement de vous-même et de ce que vous faites du devoir herméneutique, devoir qui est le fondement même de la condition d'être humain.

Soyons donc des scientifiques réfléchis et sachons faire de nos négociations un discours de communication!

(1) Elles apparaissent en noir et blanc dans GOULD P., 1993, *The Slow Plague: a Geography of the AIDS Pandemic*, Oxford (Royaume-Uni) et Cambridge (Massachusetts, États-Unis), Blackwell.

(2) Elles ont été présentées au Congrès international sur le sida à Amsterdam en juillet 1992 par le docteur Mindy Fullilove, docteur en médecine et chercheur sur le sida, qui a souligné la coïncidence presque parfaite entre le développement géographique de l'épidémie et les sources présumées de l'infection initiale, selon les précisions données par plusieurs centaines de personnes interrogées en Caroline du Nord. Après la présentation cartographique, un épidémiologiste du public a déclaré: «Je crois que nous sommes ici devant un nouveau paradigme», et cela seulement 7 000 ans après l'inscription sur des tablettes d'argile des cartes de Babylone.

(3) «Inexorable march», *Time*, vol. 40, n° 9, 1992, p. 20.

(4) Je souhaite exprimer mes remerciements à Joseph Kabel, Ralph Heidl et William Holliday pour leur compétence et l'aide qu'il m'ont apportée dans la confection de ces cartes, depuis la compilation laborieuse de la base de données originelle jusqu'aux diapositives finales à haute résolution.

(5) GOULD P. et al., 1990, «Le sida: la carte animée comme rhétorique cartographique appliquée», *Mappemonde*, Montpellier, GIP Reclus, n° 1, pp. 21-26.

(6) Particulièrement quand une séquence cartographique de ce genre devient le point de départ pour un filtrage spatial et une recherche paramétrique, techniques qui recherchent l'information dans des séquences spatio-temporelles et les utilisent pour prévoir les cartes suivantes; par exemple, GOULD P., 1992, «Épidémiologie et maladie», in: BAILLY A., FERRAS R. et PUMAIN D. (Dir.), 1992, *Encyclopédie de géographie*, Paris, Economica, pp. 949-969.

(7) HARLEY J. B., 1992, «Deconstructing the map», in: BARNES T. et DUNCAN J. (Eds.), 1992, *Writing Worlds: Discourse, Text and Metaphor in the Representation of Landscape*, Londres, Routledge, pp. 231-247.

(8) GOULD P. et al., 1991, «AIDS predicting the next map», *Interfaces*, 21, pp. 80-92.

(9) Nous avons soulevé cette question lorsque nous avons modélisé, en utilisant le filtrage spatial, l'évolution de l'épidémie de sida dans les 64 secteurs sanitaires du Bronx à New York. Cf. GOULD P., *The Slow Plague*, op. cit.

(10) Groupe de surveillance du sida, 1991, *Monthly Report for Washington*, DC, juin, p. 2.

(11) Des cartes semblables ont été réalisées pour Los Angeles, avec l'entière collaboration du Groupe de surveillance du sida de Los Angeles, par le docteur William Bowen et ses étudiants de licence, comme exemple d'exercice cartographique doté d'une signification sociale. Les points sont placés au hasard à l'intérieur de milliers de districts recensés, dont certains ne sont pas plus grands que 4 à 6 pâtés de maisons. Une parfaite confidentialité est préservée. Cf. BOWEN W. et al., «AIDS in LA» et «AIDS in LA 1983-1989», 1989, *Occasional Publications in Geography*, n° 4 et n° 6, Université de l'État de Californie, Northridge (Californie).

(12) Une excellente étude empirique sur le problème de la confidentialité a été menée à partir du recensement italien, plus accessible, et particulièrement dans la région de Toscane, par OPENSHAW S. et al., 1989, «An empirical study of confidentiality crisis in the release of micro census data», *CURDS Publications*, Centre for Urban and Development Studies, Univ. de Newcastle.

(13) DAWSON T., 1991, «Towards a spatial ethic: the question of confidentiality and the geographic aggregation of data», *Proceedings of the Association of American Geographers*, American Association of Geographers, Miami, Floride, avril, p. 45.

(14) Ce remarquable article s'appuie sur plus de deux millions d'exams médicaux de jeunes gens, de 17 à 23 ans, engagés volontaires. C'est la plus grande base de données du monde; elle est généralement critiquée par les statisticiens classiques parce qu'elle ne constitue pas un échantillon purement aléatoire. Le lecteur jugera si un nombre supérieur à deux millions mérite d'être considéré comme une source d'information sérieuse, ou s'il convient de le rejeter. Cf. GARDNER L. et al., 1989, «Spatial diffusion of the human immunodeficiency virus infection epidemic in the United States, 1985-1987», *Annals of the Association of American Geographers*, 79, pp. 25-43.

(15) Ce qui est confirmé par des analyses utilisant la méthode d'expansion de Casetti, dans laquelle les paramètres d'une équation cubique sont transformés en fonctions quadratiques d'une variable spatiale telle que la densité de population. De tels modèles sont tout à fait acceptables, bien que moins bons que le filtrage spatial. Cf. KABEL J., 1992, *A Geographic Perspective on AIDS in the United States*, Thèse pour le PhD, University Park, PA; et WALLACE R., *Transmission on geographically-centered social networks: effects on population density and spatial distribution*, New York Psychiatric Institute, juillet, pp. 1-7.

(16) GORLUB A. et al., 1992, «Spatial diffusion of the HIV/AIDS epidemic: modeling implications and case study of AIDS incidence in Ohio», *Geographical Analysis*.