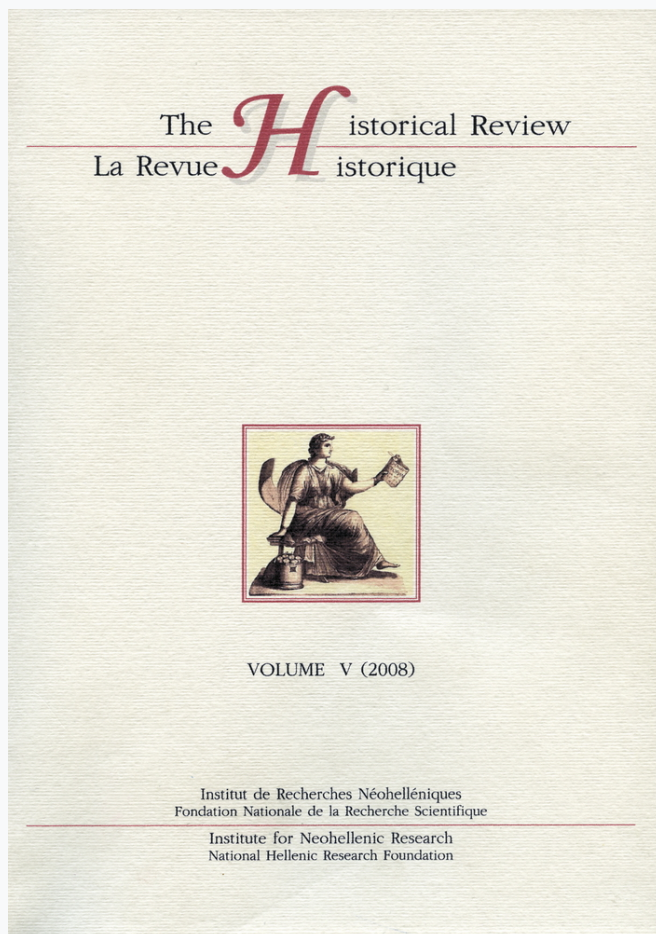


The Historical Review/La Revue Historique

Vol 5 (2008)

Histoires de Frontières



Paradoxes des frontières

Hervé Le Bras

doi: [10.12681/hr.226](https://doi.org/10.12681/hr.226)

To cite this article:

Le Bras, H. (2009). Paradoxes des frontières. *The Historical Review/La Revue Historique*, 5, 157–170.
<https://doi.org/10.12681/hr.226>

PARADOXES DES FRONTIÈRES

Hervé Le Bras

Comment une frontière apparaît-elle et comment se maintient-elle? Il est habituel de récuser la notion de frontière naturelle pour lui préférer celle de frontière politique. Les frontières existent parce que les États existent et que le territoire est l'un de leurs attributs. Mais ceci ne dit pas comment les États existent ni comment ils fixent leurs frontières, ni même comment ils la maintiennent sur de longues périodes.

Deux groupes humains différents soit par leur langue, soit par leur généalogie, soit par leur religion peuplent progressivement un espace jusqu'alors faiblement occupé. Par exemple, ce sont des agriculteurs prenant le territoire de chasseurs cueilleurs ou d'éleveurs nomades. La vague d'avancée popularisée par Ammermann et Cavalli-Sforza en est un exemple ou du côté concret la *frontier* de l'ouest américain et la *frontera* amazonienne actuellement. Essayons de décrire simplement comment les deux groupes vont se partager le territoire.

Le modèle de Eden

Le modèle le plus élémentaire part de deux groupes fondateurs dont l'accroissement démographique se traduit par une occupation croissante du territoire. Figurons ce territoire par un quadrillage (damier) où chaque case peut recevoir un ménage ou un exploitant. Lorsqu'un nouveau ménage se crée, il occupe la place laissée vacante par la disparition d'un ménage existant ou bien il part s'installer sur une parcelle (une case du damier) vacante. Pour trouver cette case, il effectue soit un déplacement brownien dit promenade aléatoire soit il prend une direction déterminée, soit il combine les deux modes. Nous ne nous intéresserons qu'aux deux premiers cas qui sont des extrêmes bornant les cas mixtes.

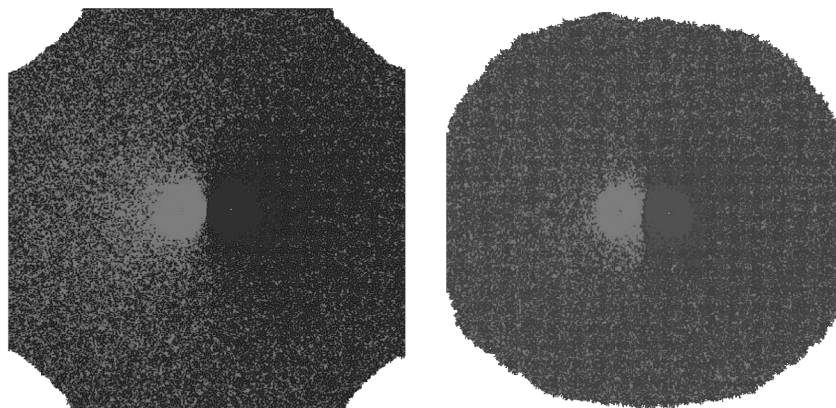


Fig. 1a et 1b. Peuplement de deux populations à partir de noyaux initiaux soit par promenade aléatoire (*random walk*) soit par déplacement linéaire.

Les figures 1a et 1b montrent la répartition de 140,000 ménages à partir de deux noyaux initiaux de 300 ménages chacun (disposés à l'intérieur d'un cercle) séparés par 50 cases. Les deux résultats se ressemblent, ce qui montre que le mode de déplacement n'est pas un élément déterminant. Dans les deux cas, les noyaux initiaux s'étendent de manière compacte jusqu'à ce que le contact soit établi. Le développement se poursuit un peu au delà de la même manière compacte faisant apparaître une frontière particulièrement dans le cas des déplacements en ligne droite (1b), mais rapidement, le mélange se produit entre les deux populations. Pour mieux s'en rendre compte, on a représenté les densités de la figure 1a à l'intérieur de carrés de 20 cases de côté sur la figure 2. Chaque population garde une prépondérance dans la direction opposée à celle de l'autre population ce qui est logique car la différence des distances entre les deux centres initiaux y est la plus importante, donc l'accessibilité par la promenade aléatoire.

En réalité, ce modèle n'est que l'extension à deux groupes du modèle de croissance cellulaire développé par Murray Eden dans les années 1960 pour rendre compte de la croissance des tumeurs. Il suppose qu'aucune barrière n'existe pour les déplacements, notamment que l'on peut passer par des cases déjà occupées et que toute case vide peut être occupée par un ménage de l'une ou de l'autre population.

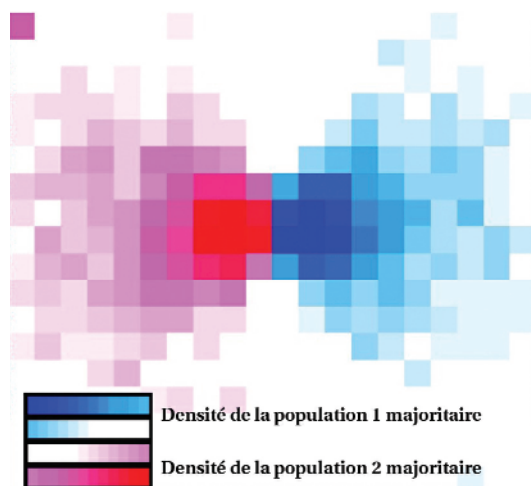


Fig. 2. Densités de chaque population dans le modèle de la figure 1a.

Modèles de Schelling

Supposons maintenant que la fixation sur une parcelle dépende du voisinage. Le ménage tiendra compte de l'appartenance à l'un ou l'autre groupe des ménages qui l'entourent. Cette contrainte a été introduite par Thomas Schelling dans un contexte voisin pour montrer que d'assez faibles résistances à la présence de ménages de l'autre groupe suffisaient à instaurer une ségrégation radicale entre quartiers homogènes si l'on conditionnait la migration à la présence de membres de l'autre groupe dans le voisinage. À la différence de Schelling, les déplacements sont ici le fait des nouveaux venus qui une fois fixés ne bougent plus mais les deux modèles sont assez proches.

Pour imposer une contrainte de voisinage, deux paramètres doivent alors être fixés, l'étendue du voisinage et la proportion p de ménage de l'autre groupe à partir de laquelle on refuse de s'installer. Pour le voisinage, on retient tous les carrés (parcelles) situés à une distance inférieure à la valeur d . La règle est alors la suivante: si la proportion de ménages de l'autre groupe par rapport à l'ensemble des ménages résidant à une distance inférieure à d est supérieure à p , poursuivre le déplacement, donc la recherche d'une parcelle libre.

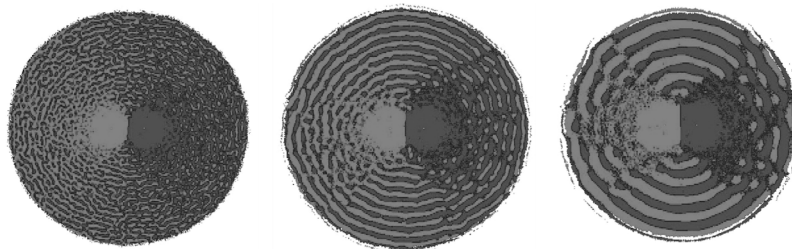


Fig. 3. Peuplement avec contrainte de voisinage et libre circulation
(a: voisinage de 18 cases, b: de 100 cases, c: de 350 cases).

On prévoit que l'application de cette règle favorise l'apparition de groupements homogènes et donc de frontières. Pour le vérifier, commençons par faire varier l'ampleur du voisinage donc le rayon de son cercle d pour une probabilité $p=0.5$, c'est-à-dire que le ménage ne se fixe que si les ménages de son groupe sont majoritaires dans le voisinage. Les trois figures 3a, b, c montrent trois résultats de simulation pour $d=2.5$ (18 cases voisines), $d=4.5$ (100 cases voisines) et $d=9.5$ (350 cases voisines). On voit aussitôt que le regroupement prédit se produit bien mais d'une façon très particulière. D'abord groupés autour de leur base initiale, les deux groupes tendent ensuite d'organiser en couronnes concentriques, d'autant plus nettement que la dimension du voisinage est élevée. La largeur de chaque couronne tend à être égale au diamètre du voisinage. On peut parler de ségrégation puisque en moyenne le voisinage de chaque ménage comprend 80% de ménages de son propre groupe, mais en même temps, cette ségrégation demeure locale. Les deux groupes sont étroitement imbriqués. Par exemple, pour passer d'un ménage à un autre du même groupe, il faut traverser en ligne droite des espaces où l'autre groupe est implanté.

Tolérance variable

Que se passe-t-il lorsque la proportion de ménage de l'autre groupe acceptée dans le voisinage prend une autre valeur que 50%? Prenons une distance de 4 soit un voisinage de 48 cases et faisons varier la proportion tolérée de 0% à 100%. Les principales étapes sont indiquées sur la figure 4. Lorsque l'intolérance est totale ($p=0\%$ sur 4a), la présence d'un seul représentant de l'autre groupe suffit à empêcher l'installation. Alors de vastes espaces restent vides car leurs cases comprennent dans leur voisinage au moins un membre de chaque groupe ce qui empêche le remplissage. À part les noyaux initiaux de peuplement, cependant, aucun amas compact n'émerge. Les ménages de chaque groupe s'agrègent selon des formes allongées aux contours biscornus. De loin, la figure

fait penser à un gigantesque plat de nouilles. On remarque aussi de nombreuses enclaves. Sans céder au réductionnisme, on ne peut manquer de rapprocher ce comportement du peuplement de l'ancienne Yougoslavie qui conjugait lui aussi intolérance extrême et découpage labyrinthisme.

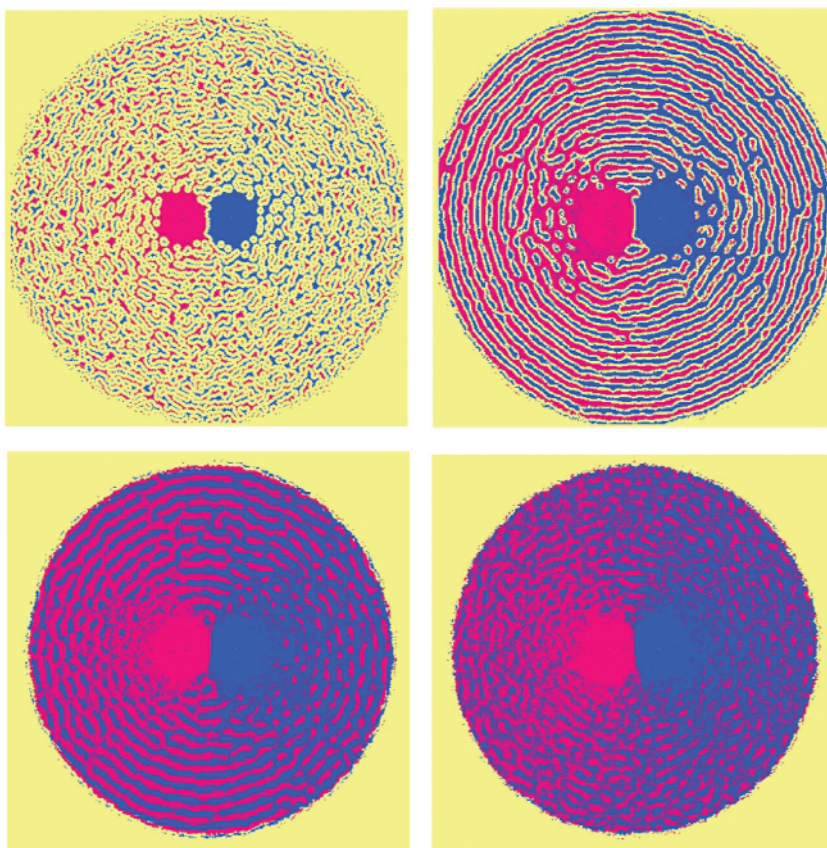


Fig. 4. Variation des formes de peuplement quand le seuil de tolérance varie (a: 0%, b: 20%, c: 50%, d: 60%).

Quand l'intolérance diminue un peu, les ménages acceptant la présence d'une minorité de l'autre groupe ne dépassant pas 20% (fig. 4b), le peuplement se structure. Les îlots proches des noyaux initiaux fusionnent à mesure que l'on s'éloigne et constituent des lignes circulaires (ou le plus souvent en spirale) qui parfois s'arrêtent ou se rejoignent. Des espaces vides plus étroits, sortes de *no man's lands* continuent à empêcher le contact entre groupes différents. On oublie en effet que l'intolérance a pour conséquence de rendre impossible une

frontière car voisinaient sur elle des ménages de chacun des groupes, ce qui est proscrit. Quand la tolérance s'accroît, ces *no man's lands* diminuent puis finissent par disparaître quand on atteint les 50% (fig. 4c). Au delà de 50%, une cohabitation devient possible. Les deux groupes tendent alors à se mélanger de plus en plus. La figure 4d montre le résultat dans le cas où la tolérance est de 60%. On devine encore les traces des cercles ou spirales mais ils donnent l'impression d'avoir été brésillés et de s'être réorientés au hasard. Au delà de 60%, la répartition se rapproche rapidement de celle de la figure 1 où la composition du voisinage ne jouait aucun rôle.

Poser une contrainte sur le voisinage n'est donc pas suffisant pour créer une frontière entre deux groupes. Tout au plus des ghettos apparaissent dont la taille est reliée à celle du voisinage. Quelle contrainte supplémentaire poser? On va voir qu'une modification minimale de la promenade aléatoire jointe à la condition du voisinage engendre un nouveau registre de formes parmi lesquelles des frontières entre les deux groupes surgissent.

Marche arrière

Une idée très simple se trouve à la source de l'hypothèse que l'on va maintenant poser: si au cours de sa pérégrination, le randonneur au hasard vient buter sur une case dont le voisinage comprend une proportion de ménages de l'autre groupe supérieure au seuil p , au lieu de continuer sa promenade comme si de rien n'était, le randonneur va rejoindre la position qu'il occupait au pas précédent, autrement dit, il rebrousse chemin car il s'attend à trouver une concentration croissante de l'autre groupe. Au fond, il a le sentiment d'être parvenu à une sorte de frontière. Il va donc reprendre sa marche aléatoire (ce qui inclut d'ailleurs qu'il reprenne éventuellement par le fait du hasard la même direction que celle qu'il vient d'éviter). En apparence, le changement du comportement de recherche d'une parcelle satisfaisant aux contraintes est minimale. Cependant, il entraîne un bouleversement des répartitions spatiales des deux groupes. Reprenons en effet le cas précédent pour lequel $d=4$ et le seuil est fixé à la majorité ($p=50\%$). On obtient la figure 5a. Cette fois-ci, plus aucun doute n'est permis: on a obtenu une frontière nette entre les deux groupes qui se développent chacun d'un seul côté d'une ligne légèrement ondulée. Si l'on diminue ou augmente la taille d du voisinage, cette ondulation s'amplifie ou diminue par un simple effet d'échelle. Reste l'hypothèse portant sur le niveau de tolérance $p=50\%$. Si l'on prend un niveau plus faible (20% dans le cas de la figure 5b), logiquement la frontière se maintient et se double d'un *no man's land* pour la raison exposée plus haut (chaque case de ce *no man's land* a un voisinage où chaque groupe compte pour 20 à 80%).

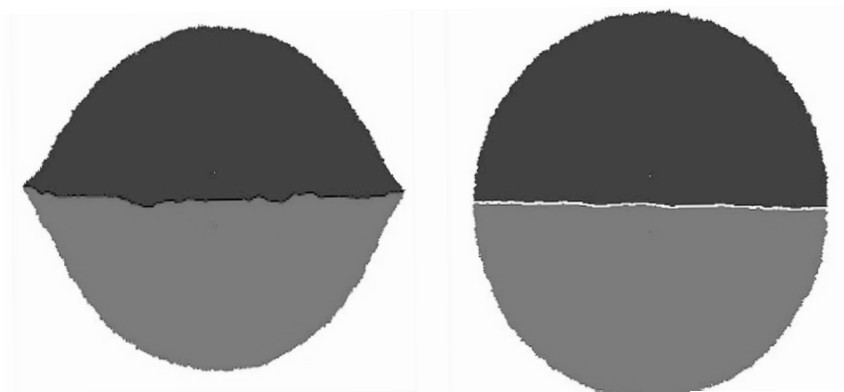


Fig. 5. Peuplement dans le cas d'évitement des territoires du groupe opposé (a: seuil de 50%, b: de 20%).

Mais que se passe-t-il si la tolérance dépasse 50%? Jusqu'à 60%, la frontière se maintient, puis soudain, au seuil de 62.5%, une anomalie importante se manifeste (fig. 6a). La frontière s'ouvre à gauche permettant à un territoire du groupe situé en dessous de se constituer au-dessus, puis d'autres excroissances analogues apparaissent. La frontière continue d'exister, mais elle ne sépare plus deux espaces. Les territoires des deux groupes sont maintenant morcelés et imbriqués même si c'est d'une manière moins compliquée que dans le cas du modèle sans retour en arrière. Que se passe-t-il après le seuil de 62.5%? Très rapidement une nouvelle forme apparaît où les excroissances, se multiplient et s'organisent de manière rayonnante et pratiquement arborescente (fig. 6c avec le seuil de 64%). En poursuivant l'augmentation du seuil p , très vite, l'arborescence se brouille prise dans un halo où les deux groupes se mélangent intimement comme ils le faisaient lorsque aucune contrainte de voisinage n'était posée (par exemple le cas de la figure 1 vers lequel on évolue si l'on augmente encore p). Mais on peut proposer une description un peu différente. On remarque que la frontière entre les deux noyaux initiaux est très festonnée comme si sur une courte épaisseur les deux groupes s'interpénétraient. En petit, cette frontière est une zone où la répartition des ménages des deux groupes est pratiquement indéterminée. Des fluctuations de cette indétermination surgissent alors les noyaux de groupes compacts. Il faut que la fluctuation soit importante quand on est au voisinage de 62.5% mais elle est beaucoup plus faible dès $p=68\%$. La rapidité de la transition entre le cas où la frontière est nette (au dessous de 62.5% et le cas où ces formes apparaissent) rappelle les formes obtenues au voisinage des seuils de percolation dans les modèles du même nom.

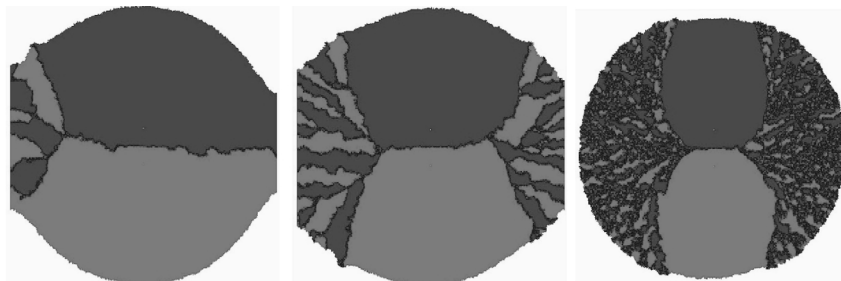


Fig. 6a, b et c. Pathologie du peuplement dans le cas d'évitement des territoires du groupe opposé (seuils de 62.5%, 63% et 64%).

Il est remarquable qu'une telle tératologie soit relativement peu liée à l'importance du voisinage donc à la distance d . Dans le cas le plus simple où $d=1$, donc où seuls les quatre cases adjacentes à la case considérée forment le voisinage, le phénomène ne se produit pas (on peut l'expliquer assez simplement) et la frontière existe donc quelle que soit le niveau de tolérance. Mais dès $d=1.5$, c'est-à-dire un voisinage de 8 carrés entourant le carré de référence, le phénomène que nous venons de décrire se produit. Le changement est simplement un peu plus tardif (à 66.6%). Quand d croît, on retrouve la même morphologie à partir d'un seuil voisin de 62%. À titre d'exemple, dans le cas d'un vaste voisinage ($d=9$), on obtient les formes de la figure 7a, b, c, d pour respectivement des seuils de 62%, 64.5%, 66.7% et 75%.

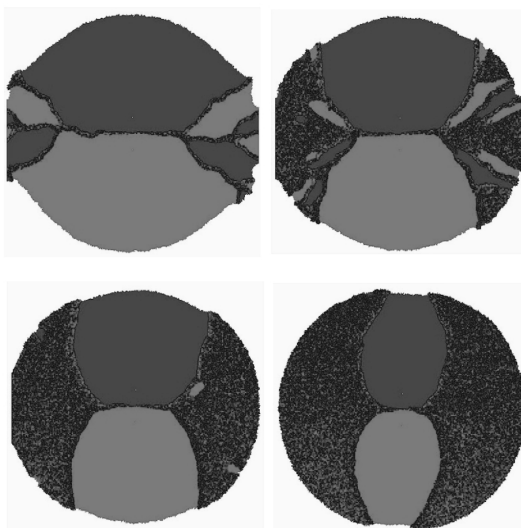


Fig. 7. Pathologie du peuplement dans le cas d'évitement des territoires du groupe opposé dans le cas d'un voisinage étendu ($d=9$) pour des seuils de 62%, 64.5%, 66.7% et 75%.

Frontière et mobilité

On croyait avoir trouvé la contrainte qui faisait apparaître une frontière. C'est au contraire un monde de formes étranges qui s'est déployé sous nos yeux. Il faut donc introduire une nouvelle contrainte. On l'imagine facilement étant donné que pour $p < 62\%$ la frontière est bien apparue quelque soit la taille du voisinage. Poussons donc la logique de l'évitement en imposant de rebrousser chemin non seulement quand la proportion de ménages de l'autre groupe dans le voisinage a dépassé le seuil retenu mais dès que l'on passe par une case occupée par un ménage de l'autre groupe. Autrement dit, considérons tout ménage de l'autre groupe comme une barrière. Dès lors, puisque les groupes s'étendent par contiguïté, il y aura nécessairement frontière et existence d'un seul domaine par groupe mais c'est presque une tautologie.

Retenons de cette petite expérience, outre la richesse des formes qu'engendrent des processus simples de peuplement, le fait qu'entre la contrainte de voisinage et celle de mobilité, c'est la seconde qui crée des frontières, non la première. En effet quand tous les parcours étaient permis, ce qui était le cas des deux premiers modèles, on ne pouvait pas vraiment parler de frontières tant les formes s'interpénétraient. La possibilité de traverser un territoire occupé par l'autre groupe permettait de créer de nouvelles enclaves de l'autre côté de ce groupe et ceci indéfiniment. Au contraire, dès que la moindre restriction à la mobilité est introduite et cette restriction était faible dans l'exemple du retour d'un pas en arrière, la frontière pouvait exister.

On pourrait penser que le fait de s'installer soit beaucoup plus important que le fait de pouvoir circuler, mais c'est l'inverse. S'installer en recherchant le voisinage de personnes du même groupe crée des concentrations locales mais ne suffit pas pour les réunir en un tout. C'est d'ailleurs ce que l'on a pu observer dans de nombreuses circonstances: répartition des immigrants par origine nationale dans le Mid-West américain, répartition des villages en Moldavie et Bessarabie par langue et contrée d'origine avant la guerre de 1914 (cartes de l'atlas historique Westermann), répartition des immigrés en France par origines, etc.

Réserves

Le but des modèles précédents n'est cependant pas de mimer des situations réelles mais d'identifier des mécanismes et d'écarter des intuitions qui se révèlent ainsi trompeuses. Le modèle lui-même comporte des hypothèses implicites contestables: les personnes des deux groupes ne changent jamais d'appartenance. Or, au contraire, il semble que, dans de nombreuses situations, des passages d'un groupe à l'autre se produisaient facilement soit par des renversements d'alliance de sous-groupes, soit individuellement, soit à la suite

d'épisodes guerriers (Evans-Pritchard discute le cas des prisonniers Dinkas emmenés en esclavage par les Nuers qui deviennent nuer en quelques années jusqu'à se fabriquer une généalogie nuer). La littérature antique et l'anthropologie fourmillent d'exemples de changements individuels de groupe ou de société. Or, paradoxalement, ces changements peuvent contribuer au maintien des frontières entre groupes. Supposons que l'on change de groupe chaque fois que l'on franchit la frontière: celle-ci sépare toujours aussi complètement malgré des migrations importantes.

Autre hypothèse qui a été acceptée sans discussion: on a mis deux populations seulement en présence alors qu'elles pourraient être plus nombreuses. Cependant, la généralisation est facile à opérer et les résultats présentent une morphologie analogue. Ainsi dans le second modèle, on retrouve des arcs de cercles et de spirales à l'extérieur du polygone constitué par les noyaux initiaux au sein duquel, au contraire, une frontière sépare les différentes populations. La figure 8a montre la répartition de trois groupes dont les noyaux initiaux étaient situés aux sommets d'un triangle équilatéral. À l'intérieur, la partition de l'espace est complète avec une frontière nette. À l'extérieur, on retrouve des formes en ruban et en torsades dont l'imbrication rappelle les entrelacs. Sur la figure 8b, on a représenté le résultat obtenu avec le troisième modèle (celui où le promeneur rebrousse chemin) dans le cas où les trois groupes initiaux sont alignés ($d=6$, $p=0.65$). On constate que le même effet se produit au même seuil que dans le cas de deux groupes, mais que la géométrie de l'ensemble est plus subtile: jamais les ménages de trois groupes ne coexistent simultanément dans un espace. Les zones homogènes sont soit constituées par les ménages d'un seul groupe, soit par ceux de deux groupes, mélangés intimement. On remarque aussi que le groupe central coïncé entre les deux autres se mêle facilement à eux tandis que les deux groupes extrêmes ne coexistent que dans quelques poches lointaines. Il n'y a rien d'étonnant dans ces figures dont les particularités peuvent toutes s'expliquer pour peu que l'on y réfléchisse, mais on doit souligner qu'*a priori*, on serait bien incapable de prédire la forme que prendra la figure, dans le cas présent comme dans tous les précédents.

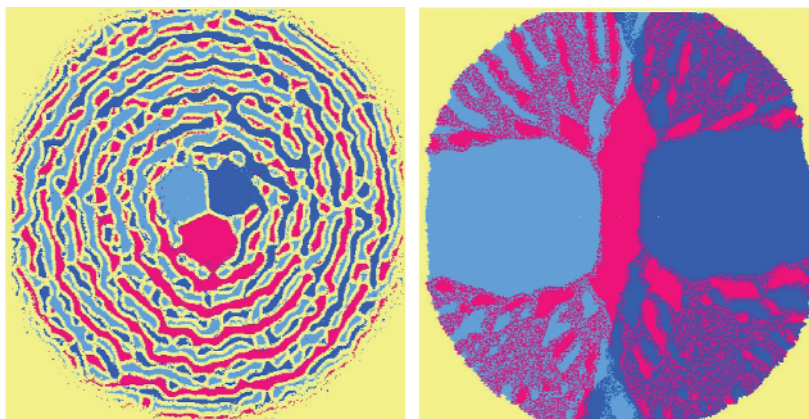


Fig. 8. Peuplement par trois populations
(a: modèle initial, b: modèle avec évitement [$p=65\%$]).

Une autre hypothèse implicite est celle du peuplement dans un plan. Dans de nombreuses situations historiques, les peuplements ont d'abord progressé linéairement le long des côtes ou des vallées des grands fleuves. Le remplissage final du territoire est postérieur à cette première occupation et est conditionné par elle. Or dans les progressions linéaires, la frontière se construit automatiquement au point de rencontre de la progression des deux groupes. Si l'on reprend par exemple le premier modèle et qu'au lieu d'un grand carré initial, l'espace soit un rectangle très allongé, les deux groupes initiaux maintiennent leur homogénéité et une frontière se met en place comme on le voit sur la figure 9. Quelques parcelles peuvent être isolées mais à proximité immédiate de la frontière. On en aperçoit une sur la figure. De telles anomalies se présentent aussi dans le monde réel: l'enclave de Valréas dans la Drôme, l'enclave espagnole de Llivia dans les Pyrénées Orientales par exemple. Si le premier peuplement est linéaire comme ce semble le cas en Amérique du Sud, le long de l'Amazone et de ses affluents ou plus évidemment au Proche-Orient, le long du Nil, du Tigre, de l'Euphrate et de l'Indus, sièges des premières civilisations, le peuplement des espaces entre les fleuves se serait effectué à partir d'eux.



Fig. 9. Peuplement d'un espace linéaire par deux populations.

Ce cas ne serait-il pas propice à l'apparition d'une frontière. Pour le tester, on a repris les deux modèles de voisinage sans rebroussement de chemin et avec. On a supposé que deux peuplements linéaires par des groupes différents étaient

figurés par deux lignes de carrés occupés l'une horizontale, l'autre verticale, figurant schématiquement deux segments d'un fleuve. Le point de concours des deux lignes est aussi le point de contact des deux groupes. Sur les figure 10a et 10b, on a représenté les résultats obtenus par le modèle avec rebroussement pour les valeurs seuils $p=0.63$ et $p=0.65$ respectivement. On retrouve les mêmes caractéristiques que lorsque les noyaux initiaux étaient compacts et aux mêmes seuils. De même, le premier modèle (10c et 10d pour des valeurs de p égales à 0.5 puis à 0.333) tend lui aussi à se rapprocher des cas déjà étudiés avec l'apparition de bras de spirale de plus en plus tentaculaires. Ici enore, les deux droites se comportent exactement comme les noyaux initiaux compacts des premiers essais.

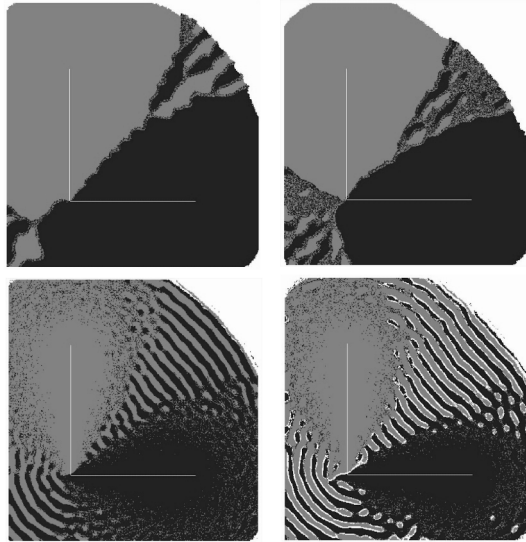


Fig. 10. Peuplement de trois groupes (a et b: modèle avec évitement, c et d: modèle avec évitement).

Cependant, l'évolution le long de la diagonale des deux droites de départ permet une interprétation paradoxale: la frontière qui se constitue au départ à partir du point de rencontre des deux droites semble engendrer son contraire de plus en plus amplement. Sur 10d, on peut même suivre en détail le processus d'interpénétration des deux groupes. D'abord quelques émissaires isolés du côté d'où s'étend le groupe opposé sont encerclés et absorbés. Lorsque ces isolés sont suffisamment nombreux, ils permettent le développement d'un noyau homogène assez loin en territoire du groupe opposé. On voit de tels groupes se

créer de plus en plus loin à mesure que l'on progresse dans le sens de la diagonale des deux droites. Enfin, ces noyaux sont rattachés par une languette ou un ruban à leur groupe. On peut considérer que les cases vides des *no man's lands* constituent une frontière, ce qui est mathématiquement juste puisqu'elles séparent les deux groupes, mais leur contour est si festonné qu'aucun géographe ni politique ne prendra un tel dessin pour une frontière.

Ainsi, nous sommes partis de l'idée que la tendance des mêmes à s'agréger aux mêmes constituait progressivement des territoires homogènes que séparaient des frontières ainsi créées par la dynamique du peuplement. Nous aboutissons à l'inverse: en entrant en contact les groupes amorcent le dessin d'une frontière, mais ce dessin en se développant tend à abolir la frontière en stimulant l'apparition de noyaux ou de festons puis éventuellement de zones mixtes selon leur degré de tolérance.

Laboratoire de Démographie Historique / EHESS

Bibliographie

- Granovetter, M., "The Strength of Weak Ties: A Network Theory Revisited", *Sociological Theory* 1 (1983), pp. 201-233.
- Schelling, T. S., "Dynamic Model of Segregation", *Journal of Mathematical Sociology* 1 (1971), pp. 143-186.
- Schelling, T. S., "Models of Segregation", *American Economic Review* 59-62 (1969), pp. 488-493.
- Daude, E., et Langlois, P., "Comparaison de trois implémentations du modèle de Schelling", in *Modélisation et simulation multi-agents pour sciences de l'homme et de la société*, éd. F. Amblard et D. Phan, Paris: Hermès, 2006, pp. 379-409.
- Rejniak, K. A., "An Immersed Boundary Framework for Modelling the Growth of Individual Cells", *Journal of Theoretical Biology* 247 (2007), pp. 186-204.
- Pozrikidis, C., *Modeling and Simulation of Capsules and Biological Cells*, New York: Chapman and Hall, 2003.
- Le Bras, H., "Liens faibles et ségrégations fortes" in *Ces lieux qui nous habitent*, éd. F. Guérin-Pace et E. Filippova, Paris: Éditions de l'Aube, 2008, pp. 181-207.
- Le Bras, H., *Essai de géométrie sociale*, Paris: Odile Jacob, 2000.
- Le Bras, H., *The Nature of Demography*, Princeton: Princeton University Press, 2008.
- Laurie, A. J., et Jaggi, N. K., "Role of Vision in Neighbourhood Racial Segregation: A Variant of the Schelling Segregation Model", *Urban Studies* 40 (2003), pp. 2687-2704.
- Forsé, M., et Parodi, M., *La ségrégation spatiale selon Schelling. La perversité est ailleurs*, Paris: OFCE, document de travail 2006-05, 2006.