

UN OUTIL CARTOGRAPHIQUE :

LA SYNTHÈSE TRICHROMATIQUE

par J. BERTIN - *Laboratoire de Graphique*
Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales

Le problème

Comment superposer plusieurs cartes, plusieurs distributions géographiques et voir les relations qui s'en dégagent ? Cette question concerne toutes les disciplines géographiques, c'est-à-dire toutes les disciplines qui prennent comme point de comparaison l'ordre géographique. Citons par exemple l'agronomie, la démographie, l'économie, l'éthnologie, la médecine, la linguistique, l'aménagement du territoire, l'histoire... En fait, toutes les disciplines ont la possibilité de prendre l'ordre géographique comme point de comparaison. Ici la carte est un outil de travail. L'autre outil disponible est la construction matricielle.

Rappelons le problème général: il s'agit de comparer n caractères à travers m objets. Dans la matrice les objets sont les colonnes (x), les caractères sont les lignes (y). Pour comparer deux caractères, il faut rapprocher les deux lignes, soit visuellement (matrice ordonnée) soit mathématiquement (analyses multivariées).

Dans la carte, les objets occupent tout le plan significatif (x y) et en conséquence chaque caractère occupe toute l'image. Pour comparer deux caractères il faut superposer deux images. C'est un procédé bien connu, accessible quand le nombre des objets est réduit, mais qui pose problème quand augmentent la densité de la couverture, la complexité des distributions et le nombre des caractères. Quelles sont alors les procédures accessibles ?

Les procédures par addition

Soit le problème apparemment complexe de séries statistiques couvrant toute la surface des cartes, et transcrites par des paliers de valeur. Au départ, on construit une carte par caractère, en noir, sur support transparent.

On peut superposer diverses cartes si l'on considère que l'addition de ces divers caractères a une signification.

Le procédé a été employé par Mc Harg (*Design with nature*, Falcon Press, Philadelphia, 1969)*. Cette opération peut s'opérer soit physiquement en superposant des transparents, soit par le calcul, avec la possibilité de donner à chaque caractère diverses pondérations (M. Falque, A. Galand, J. Tarlet, planification écologique du secteur de Toulon-Ouest, Moniteur des Travaux Publics, Paris, 1975).

Avantages: une certaine souplesse opérationnelle, un très grand nombre d'objets (mailles).

Inconvénients:

- les additions qui ont un sens sont rares,
- la part de chaque caractère disparaît dans l'addition,
- la comparaison de caractères dont l'addition n'a pas de sens est impossible (découverte d'une région A, d'une région B et d'une région AB),
- la procédure n'est souple qu'avec l'aide de l'ordinateur.

La synthèse trichromatique

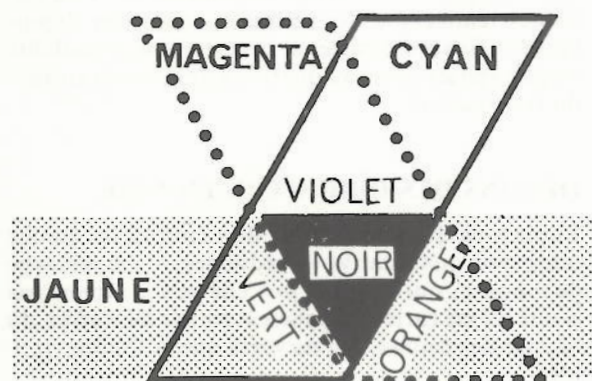
Elle est fondée sur les propriétés chromatiques de la perception visuelle. L'œil fait instantanément la synthèse des trois couleurs primaires: cyan (bleu primaire), jaune primaire, magenta (carmin). Leur superposition fait apparaître, suivant les données, soit les trois primaires, soit le violet, le vert ou l'orange, soit le noir ou le blanc. De nombreuses nuances sont perceptibles.

Considérons l'exemple ci-joint. Il s'agit des documents exploités par L. Cambrezy dans sa thèse intitulée "Effets géographiques de la densification rurale au Rwanda", Paris 1981.

* Traduction française - Cahier de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France, vol. 58,59, Paris 1980.

Au départ, six cartes en noir:

- population en 1948 (avec 8 paliers de valeur),
- population en 1978 (8 paliers),
- accroissement de la population 1948-1978 (7 paliers),
- densité de drainage (6 paliers),
- dénivelées (6 paliers),
- systèmes climatiques (8 paliers)



Par un procédé très simple (voir ci-après) on tire de chaque carte trois cartes, l'une en jaune, l'autre en cyan, l'autre en magenta, sur des supports transparents. Dans cet exemple, on dispose ainsi de $6 \times 3 = 18$ documents. Par superposition, trois par trois, le chercheur peut expérimenter toute combinaison de caractères et ne retenir que les plus significatives. Elle lui fournissent à la fois les trois caractères en corrélation (positive, négative ou nulle), la régionalisation qui en résulte ainsi que la netteté ou le flou des limites.

La publication en couleurs est inutile. Il suffit de publier en noir la carte des limites ainsi découvertes et la collection des six cartes de base. La superposition trichromatique reste en Laboratoire, à la disposition de tous. La publication en couleurs dans ces pages est donc donnée ici à seule fin démonstrative.

PROPRIÉTÉ DE LA SYNTHÈSE TRICHROMATIQUE

La synthèse trichromatique possède la propriété, unique en son genre, de combiner l'exhaustivité, la proximité topographique et la liberté opérationnelle.

Exhaustivité

Celle-ci s'étend aux trois dimensions x (objets) y (caractères) et z (ordres ou quantité) de la matrice des données construite par l'ensemble de l'étude.

Exhaustivité dans les objets (nombre de points géographiques). En effet, dans les transcriptions zonales couvrant toute la surface de la carte, les propriétés de la perception visuelle chromatique sont pratiquement indépendantes de la finesse de la

trame. La maille élémentaire peut descendre jusqu'à une dimension située entre 1 et 2 mm de côté dans une transcription en paliers de valeur et peut être inférieure à 1 mm dans la transcription en points proportionnels. Cela signifie que dans une surface utile de 27x34 cm on peut voir et analyser instantanément plus de 120 000 objets géographiques. Cela signifie que la France par communes (38 000) tient dans le format 20x20 cm.

Exhaustivité dans les caractères (multidisciplinarité). C'est un procédé de laboratoire par lequel il suffit d'avoir la carte (oui/non, ordonnée ou quantitative) de chaque caractère. La collection peut être très étendue pourvu que l'échelle soit commune. C'est le cas par exemple, de trois études du Constantinois. Un chercheur a établi les cartes de distribution des principales maladies; un autre, les cartes d'occupation agricole du sol; un troisième, les cartes des structures sociales, avant la colonisation et aux différents stades de la colonisation, puis de la décolonisation. Toutes ces cartes, une cinquantaine, ont été établies automatiquement à la même échelle. Après transcription de chacune en trois couleurs, l'ensemble forme une unique collection, ce qui permet à chaque chercheur de découvrir non seulement les relations qui s'établissent dans sa propre discipline mais aussi les liens entre sa discipline et les facteurs historiques, économiques, ou médicaux étudiés par ses collègues.

Exhaustivité en Z (paliers ordonnés ou quantitatifs). Les cartes du Rwanda transcrivent jusqu'à 8 paliers sans le noir. Les cartes en points proportionnels (voir J. Bertin, "La Graphique", Flammarion, p. 162) autorisent 15 paliers. Enfin l'automatisation du procédé permet (ou permettra) de faire varier à volonté les limites des paliers.

Proximité topographique

La synthèse trichromatique permet de conserver, dans leur totalité, c'est-à-dire sans généralisation, les relations de proximité topographique tout au long des traitements, ce qui est exclu de tout traitement matriciel.

Liberté opérationnelle

La synthèse trichromatique apporte la liberté de faire immédiatement, sur une simple table, n'importe quelle combinaison de cartes. Si le nombre théorique de combinaisons possibles peut devenir très grand, on constate à l'expérience que de nombreuses combinaisons s'excluent rapidement, par ressemblance et peuvent être ramenés à une seule carte (ce qui est l'un des objets de la recherche). De plus, le matériel nécessaire pour fabriquer cet outil est à la portée de tous. Cette procédure particulièrement efficace peut donc être utilisée par tout chercheur et par tous les pays en voie de développement.

A ces propriétés essentielles s'ajoutent diverses autres propriétés :

Maillages différents

Lorsque la transcription est zonale et couvre toute la carte, il n'est pas nécessaire que les mailles ou les unités de comptage soient semblables. Un maillage carré peut être superposé à une distribution dépar-

tementale. C'est un très grand avantage par rapport aux procédures matricielles mathématiques ou graphiques.

Passage à 4 caractères

La quatrième carte du Rwanda montre que l'on peut superposer sur trois cartes en paliers de valeur un quatrième caractère, transcrit par des points noirs, à la condition que le point le plus gros ne couvre pas plus de 50% de la surface de la maille (dans l'exemple présenté, les points sont légèrement trop gros). Dans certains cas, les points noirs peuvent être utilement remplacés par des points cyan ou magenta.

Addition de cartes

Si différents caractères ont à peu près la même distribution, qui apparaît alors dans une tonalité violette (cyan + magenta) ou une tonalité brune (cyan + magenta + jaune) on peut soit retenir l'un d'eux comme représentatif de l'autre ou des autres, soit les superposer dans la même couleur, de préférence jaune, ce qui permet de comparer leur addition à trois nouveaux caractères.

Données exclusives : passage à 6 ou 7 caractères

Une étude par maison, ou par boutique dans un quartier de ville, fournit souvent des réponses oui/non. Lorsque la combinaison est exclusive (il n'y a qu'un oui par maison) on peut faire apparaître théoriquement jusqu'à 7 couleurs : le caractère A en cyan, B en jaune, C en magenta, D en vert (D cyan + D jaune), E en violet (E cyan + E magenta), F en orange (F jaune + F magenta) et G en noir (G dans les trois primaires). En fait malgré leur bonne transparence actuelle l'addition des supports limite cette superposition à 5 et en tout cas exclut G. Mais la possibilité existe sur écran cathodique.

FABRICATION DES TRANSPARENTS EN COULEUR

Il suffit de disposer

- d'un document positif noir sur calque
- de trois boîtes de 50 transparents COLORKAY* positif, une boîte par couleur**
- d'une lampe UV ordinaire
- d'une vitre

On procède dans un local normalement éclairé. Le document positif est posé sur un transparent COLORKAY, cyan par exemple. La vitre assure par pression le meilleur contact. La lampe UV, placée au-dessus insole le tout pendant environ une minute. Le transparent est ensuite frotté avec un coton enduit du produit fourni en même temps que les boîtes. Et c'est fini !

* Autres marques : FOLEX, CIBACHROM...

** Lors de l'achat des transparents bien préciser qu'il s'agit de trois couleurs primaires : bleu cyan, jaune primaire, magenta. Tout autre bleu, jaune ou rouge est inutile.

Facilités complémentaires

Il existe des boîtes pour documents positifs et d'autres pour documents négatifs (le préciser à l'achat). On peut donc opérer directement d'après le cliché négatif, lorsqu'on a procédé à une réduction photographique. De plus, il existe une boîte dite "orange inactinique" qui transforme le négatif en positif. Enfin il existe aussi des colorkay "noir".

Dimensions

Les transparents colorkay existent en 29 X 36 cm. Il faut tenir compte de ces dimensions pour définir l'échelle finale des cartes et se réserver la possibilité de juxtaposer deux ou quatre cartes dans la surface du transparent.

DESSINS DES ORIGINAUX EN NOIR

Rappelons que l'original ne doit comporter qu'une seule série quantitative ou ordonnée, ou un seul type de réponses oui/non. Le procédé ne fonctionne pas si une même carte différencie le riz par des carrés, du blé par des cercles. On ne verra que la somme riz + blé.

Trames de valeurs ordonnées ou points proportionnels ?

Les points de grosseur variable donnent de bons résultats particulièrement dans les grandes réductions. Ils ne risquent pas comme les trames, de se boucher. Pour superposer une quatrième carte en points noirs sur trois cartes en points couleur il suffit, au moment de la superposition, de décaler très légèrement les noirs pour qu'ils s'inscrivent à l'intersection de points couleur. La cartographie automatique en points ou en traits est donc utilisable.

Néanmoins les trames donnent en général de meilleurs résultats. Elles suppriment le blanc entre les points (ou plus exactement le réduisent au niveau ou il se fonde avec la couleur) et fournissent des plages colorées plus grandes et par conséquent plus différenciées pour l'œil. Une carte en points noirs se superpose alors aisément.

Une cartographie automatique moderne doit donc prévoir une sortie en gammes de valeurs dont le grain puisse supporter la photographie et la réduction.

Le fond de carte

- Qu'il soit en mailles carrées ou en polygones irréguliers le fond de carte doit être aussi discret que possible. Le tracé en pointillés est le meilleur. Dans les cartes du Rwanda le trait plein est une erreur.
- Les zones exclues de la statistique, les zones de non-lieu telles les lacs doivent apparaître en blanc. Dans les cartes du Rwanda, elles sont en "à plat" dans les trois couleurs et apparaissent donc en noir dans la superposition, ce qui est aussi une erreur puisqu'elles se confondent avec des points noirs significatifs, dans la quatrième carte.

Le tracé du découpage

Il est indispensable de dessiner, sur le fond de carte, le tracé précis du découpage aux ciseaux de chaque transparent. La mise en coïncidence des transparents sera ainsi assurée par simple tassement, à la main ou dans une chemise transparente.

Les titres

Les titres des différentes cartes ne doivent pas se superposer. Il faut donc les décaler les uns par rapport aux autres. Deux dispositions sont possibles horizontalement comme dans le Rwanda, en haut et en bas du cadre ; verticalement, à gauche et à droite de la carte, ce qui autorise beaucoup plus de caractères.

Le dessin des paliers et des nombres correspondants n'est pas indispensable. Il suffit que ces nombres soient rappelés dans un document annexe.

LES DONNES PONCTUELLES ET LA LIMITE DU PROCEDE

Dans la superposition trichromatique, le blanc est interprété logiquement comme le zéro de chaque phénomène. Il y a donc ambiguïté sinon gêne quand, dans les données ponctuelles, le blanc entre les points n'a pas de signification, ou plus exactement signifie "non lieu". On considère utilement deux cas.

Répartition ou dispersion hétérogènes dans le plan

C'est la limite de l'emploi de la synthèse trichromatique et dans le cas où les points informés ne dépassent pas l'ordre de la centaine environ, le traitement par matrice ordonnable est généralement beaucoup plus efficace. C'est par exemple le cas d'un tableau

de 80 caractères socio-économiques concernant une centaine d'usines réparties dans un pays en voie de développement. Près de 50% des usines sont concentrées dans la capitale. La topographie ne peut plus ici, fournir l'outil utile de comparaison et de manipulation.

Sondages répartis de façon homogène dans le plan.

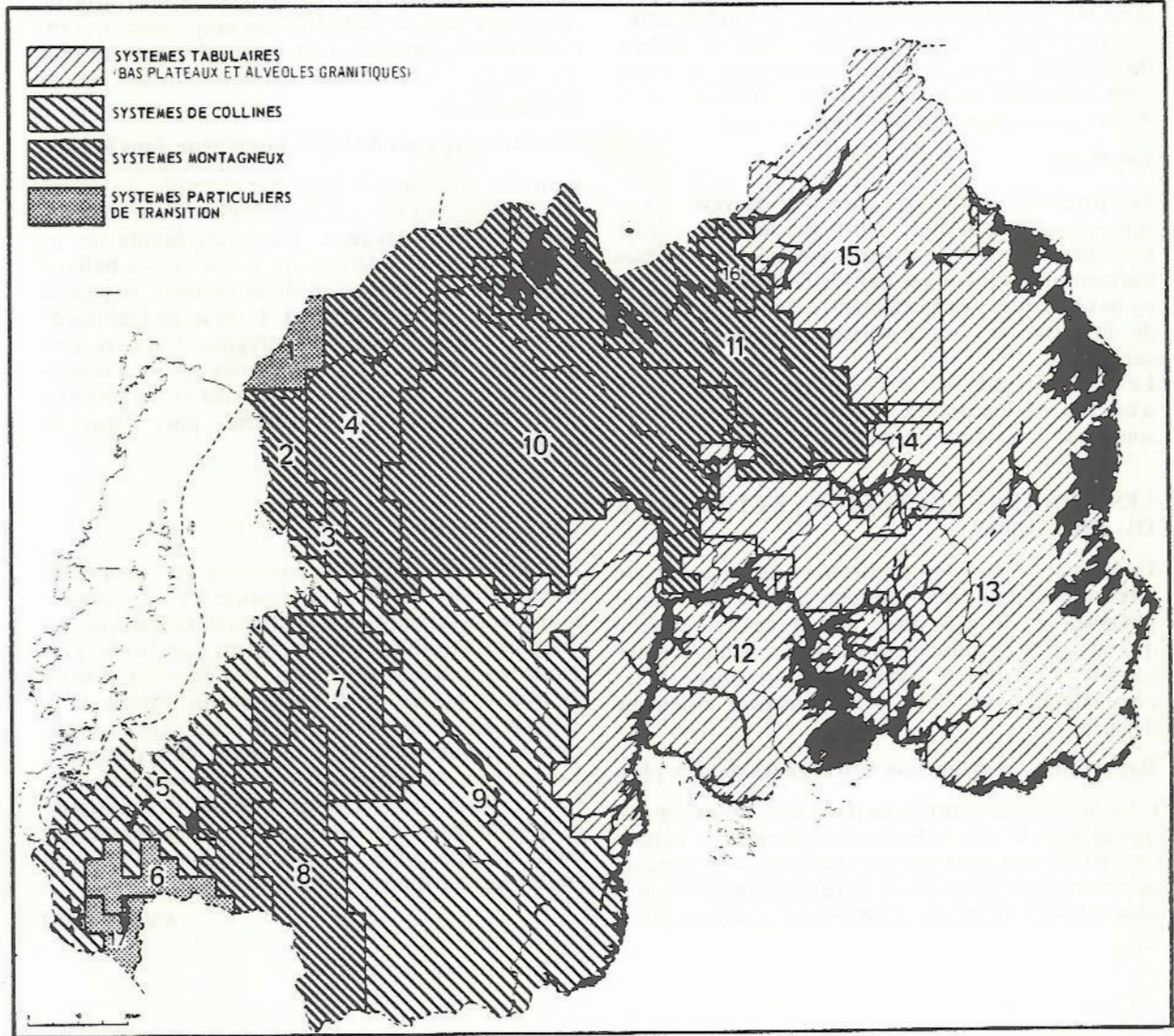
Dans les atlas linguistiques par exemple, les points de sondage sont répartis dans le plan d'une manière relativement homogène. Entre les points on ne connaît rien, par définition. La seule probabilité disponible est l'extension de la données à toute la surface qui entoure le point. Il est donc logique de débiter la surface entière en polygones (ou en rectangles) ayant pour centre chacun des points. On supprime ainsi le blanc non significatif et l'on dispose alors des meilleurs documents pour l'analyse trichromatique.

CONCLUSION

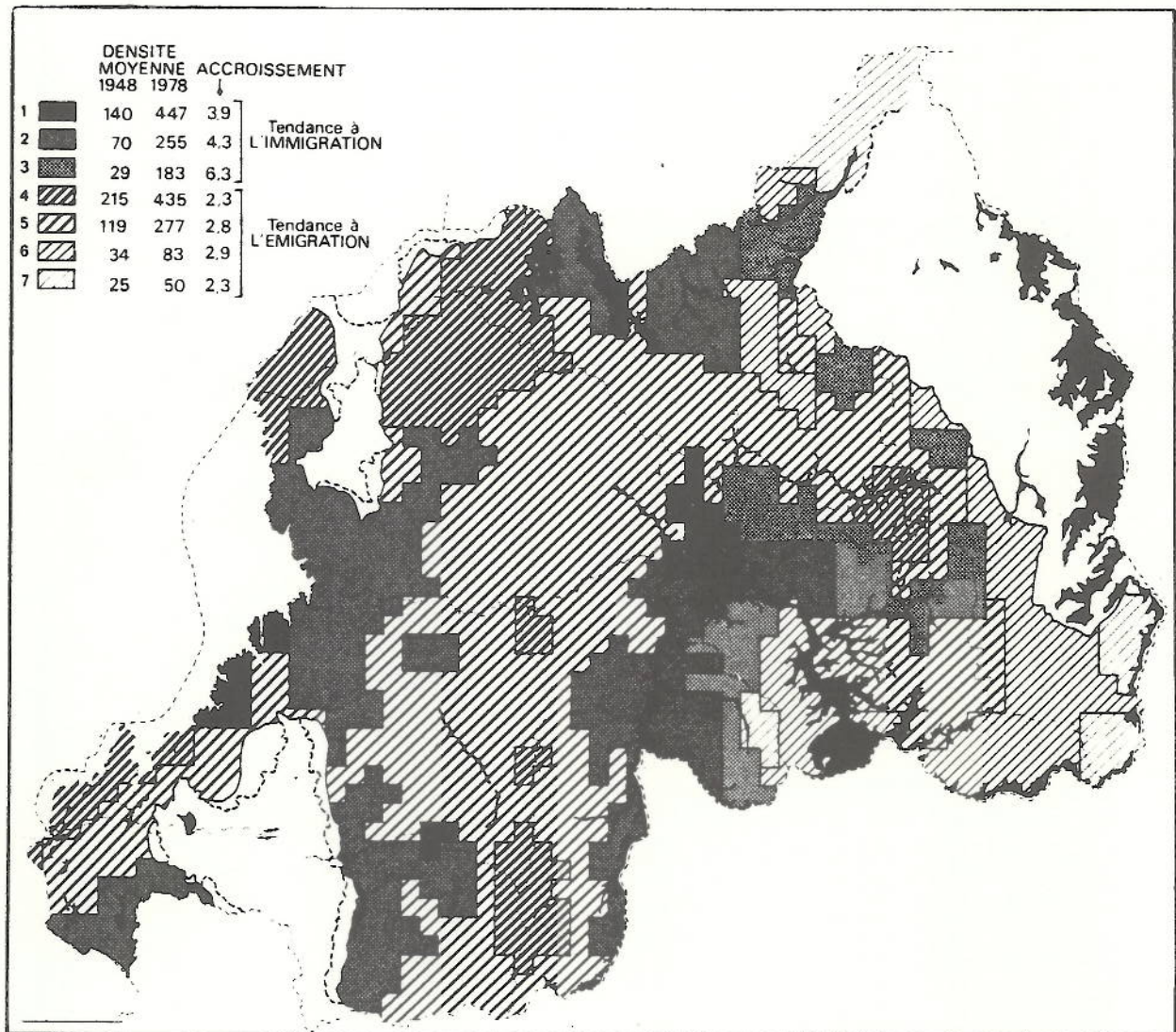
La liberté opérationnelle combinée aux propriétés d'exhaustivité et de conservation des proximités topographiques fait de la synthèse chromatique l'un des plus accessibles en même temps que l'un des plus puissants outils de traitement des données. Il offre de plus le moyen de disposer des propriétés de la couleur au moment de la recherche, sans l'obligation de publier en couleur, au stade de la diffusion. Lorsque les superpositions pourront être faites sur écran cathodique avec toute la liberté, l'exhaustivité et la simplicité que nous offrent actuellement les méthodes manuelles, nous disposerons d'un outil irremplaçable dans de nombreux cas.

AVRIL 1982

SYSTEMES NATURELS



SYSTÈMES DYNAMIQUES D'ÉVOLUTION DES DENSITÉS DE POPULATION



	N°palier	Densité 1948	Densité 1978	Commentaire
TENDANCE A L'IMMIGRATION	1	moyenne	très forte	dynamique en région moyennement ou fortement peuplée
	2	faible	moyenne	dynamique en région faiblement ou moyennement peuplée
	3	très faible	faible ou moyenne	dynamique en région peu peuplée
TENDANCE A L'EMIGRATION	4	très forte	très forte	stationnaire ou en régression en région très densément peuplée
	5	moyenne	moyenne	stationnaire ou en régression en région moyennement peuplée
	6	faible	faible	stationnaire ou en régression en région faiblement peuplée
	7	très faible	très faible	stationnaire ou en régression en région très faiblement peuplée