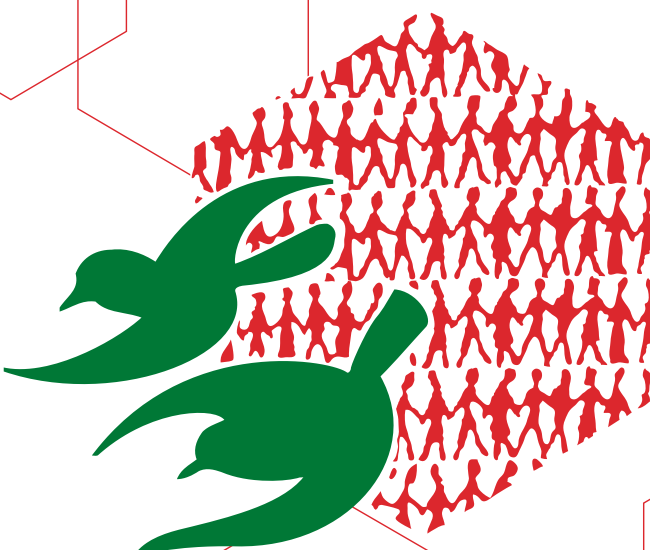
Croissance démographique et urbanisation

Politiques de peuplement et aménagement du territoire

Séminaire international de Rabat (15-17 mai 1990)



ASSOCIATION INTERNATIONALE DES DÉMOGRAPHES DE LANGUE FRANÇAISE

AIDELF

AIDELF. 1993. Croissance démographique et urbanisation - Actes du colloque de Rabat, mai 1990, Association internationale des démographes de langue française, ISBN : 2-7332-7012-5, 435 pages.

Un modèle migratoire de provenance-destination

Claude DIONNE
Bureau de la Statistique du Québec, Canada

L'urbanisation est avant tout un phénomène migratoire. C'est en même temps un phénomène d'attraction que les modèles démographiques de la migration considèrent plutôt mal. Il existe certes des modèles de type gravitationnel qui tiennent compte simultanément des populations de départ et d'arrivée, mais ceux-ci s'appliquent mal en diachronique, que ce soit dans le suivi d'une cohorte ou dans une projection.

Je présente ci-après trois approches élémentaires qui considèrent toutes des courants migratoires, spécifiés par les régions de départ et par les régions d'arrivée. Le premier modèle est le modèle d'émigration utilisé en démographie multirégionale; le deuxième modèle est un modèle de provenance, qui se réfère à la population d'arrivée et s'applique surtout en rétroprojection; enfin, le troisième modèle, issu d'une combinaison des deux précédents, introduit le concept de redistribution des potentiels migratoires. Je me limiterai, dans cette communication, aux modèles de base, sans introduire d'autres phénomènes comme la fécondité ou la mortalité. Nous allons illustrer les matrices théoriques dans un système à trois régions, désignées A, B et C.

Le modèle classique d'émigration, utilisé en général dans les chaînes de Markov et dans la démographie multirégionale, consiste en une matrice de probabilités de migrer d'une région vers les autres régions du pays. Chaque probabilité de migrer de A est basée sur la seule population de i et n'est pas influencée par les variations dans le temps des populations d'arrivée. Chaque élément étant basé sur la population moyenne d'origine, on définit une matrice-taux comme suit (les indices sont placés comme dans une matrice transposée) :

$$M = \begin{Bmatrix} -m_A & m_{BA} & m_{CA} \\ m_{AB} & -m_B & m_{CB} \\ m_{AC} & m_{BC} & -m_C \end{Bmatrix}$$

Si on désigne par $\overline{X}$ le vecteur colonne de population moyenne, et S le vecteur des soldes migratoires, on peut écrire

$$M\overline{X} = S \qquad (1)$$

Pour passer du temps t au temps $t+1$, on utilise plutôt une matrice de probabilité construite comme suit :

$$\begin{Bmatrix} 1-e_A & e_{BA} & e_{CA} \\ e_{AB} & 1-e_B & e_{CB} \\ e_{AC} & e_{BC} & 1-e_C \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} X_A \\ X_B \\ X_C \end{Bmatrix}_t = \begin{Bmatrix} X_A \\ X_B \\ X_C \end{Bmatrix}_{t+1}$$

ou

$$PX_t = X_{t+1} \qquad (2)$$

AIDELF. 1993. Croissance démographique et urbanisation - Actes du colloque de Rabat, mai 1990, Association internationale des démographes de langue française, ISBN : 2-7332-7012-5, 435 pages.

Ici la probabilité est définie sur la base de la région d'origine et de la population initiale.

On passe de la matrice M à la matrice P par la relation[1] :

$$P = (I + 0{,}5\,M) \quad (I - 0{,}5\,M)^{-1} \tag{3}$$

Le modèle d'émigration proportionne le nombre d'émigrants à chaque population de départ et demeure toujours cohérent dans une projection vers l'avenir : il n'y aura jamais plus d'émigrants de i que de population en i. Il présente toutefois une double lacune :

— les probabilités de migrer ne tiennent pas compte de la structure changeante des populations de destination ; par exemple, même si X_B augmente beaucoup et X_C diminue beaucoup, les probabilités e_{AB} et e_{AC} demeurent inchangées ;

— en utilisant la matrice P^{-1} dans une rétroprojection, c'est-à-dire dans une projection vers le passé, on aboutit presque toujours (et les exceptions ne correspondent pas à des matrices réalistes) à des populations négatives. En somme, le système ne tient pas compte de l'influence des populations d'arrivée et de l'impossibilité que le système ait prévalu longtemps dans le passé.

On peut construire un modèle cohérent avec la rétroprojection avec des taux et des probabilités de provenance. Cette fois, la population de base est celle d'arrivée, et la probabilité est vue comme ceci : étant en j en fin de période, quelle est la probabilité que j'aie été en i en début de période ? On peut considérer ici aussi une matrice-taux, où la population d'arrivée est la population moyenne.

$$\tilde{M} = \begin{Bmatrix} -\tilde{m}_A & \tilde{m}_{BA} & \tilde{m}_{CA} \\ \tilde{m}_{AB} & -\tilde{m}_B & \tilde{m}_{CB} \\ \tilde{m}_{AC} & \tilde{m}_{BC} & -\tilde{m}_C \end{Bmatrix}$$

Parallèlement à la relation (1), on peut écrire :

$$\tilde{M}\,\overline{X} = -\,S \tag{4}$$

De plus, on peut former une matrice de probabilités de provenance, et écrire :

$$\begin{Bmatrix} 1 - i_A & i_{BA} & i_{CA} \\ i_{AB} & 1 - i_B & i_{CB} \\ i_{AC} & i_{BC} & 1 - i_C \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} X_A \\ X_B \\ X_C \end{Bmatrix}_{t+1} = \begin{Bmatrix} X_A \\ X_B \\ X_C \end{Bmatrix}_t$$

ou

$$\tilde{P}\,X_{t+1} = X_t \tag{5}$$

Par analogie, on passe de la matrice $\tilde{M}$ à la matrice $\tilde{P}$ à l'aide de la relation (3).

Le modèle de provenance proportionne le nombre d'immigrants à chaque population d'arrivée et demeure toujours cohérent dans une projection vers le passé : il n'y aura jamais plus d'immigrants en j que de population en j, ou encore on ne rétroprojettera

[1] Voir : A. Rogers et J. Ledent, 1976, « Increment-decrement Life Tables : A Comment », *Demography*, 13, 2, 287-290.

AIDELF. 1993. Croissance démographique et urbanisation - Actes du colloque de Rabat, mai 1990, Association internationale des démographes de langue française, ISBN : 2-7332-7012-5, 435 pages.

jamais plus de migrants de j qu'il n'y aura de population en j. Mais le modèle présente des lacunes contraires à celles du modèle précédent :

— les probabilités de provenance ne tiennent pas compte de la structure changeante des populations de départ;

— dans une projection vers l'avenir, on aboutit presque toujours à des populations négatives.

Devant les qualités et défauts contraires des deux modèles précédents, il nous vient naturellement à l'idée de les combiner en un modèle de provenance-destination. Mais, avant de procéder à cette synthèse, j'aimerais introduire la notion de potentiel migratoire.

En démographie, on cherche à proportionner les phénomènes à des effectifs pouvant subir ces phénomènes ou être impliqués par ces phénomènes. C'est ainsi que le vecteur des populations de départ, dans notre modèle d'émigration, peut être considéré comme un vecteur de potentiels migratoires : il n'y aura pas plus d'émigrants de la région A qu'il n'y a d'effectif dans la région A. Dans le second modèle, la population d'arrivée joue le rôle de potentiel : on ne redistribuera pas plus d'immigrants en A selon leur provenance qu'il n'y aura de population en A. Lorsque l'on veut combiner les potentiels de départ et d'arrivée, chaque population régionale de départ est mise en relation avec les populations d'arrivée; et chaque population d'arrivée est mise en relation avec les populations de provenance.

Nous allons utiliser le régime migratoire observé, vu du départ comme de l'arrivée, pour établir les potentiels migratoires. La mise en relation des régions se fera par une matrice de redistribution des potentiels migratoires. Cette matrice est définie comme suit :

$$(I + M + \tilde{M})\,\bar{X} = \bar{X} \tag{6}$$

où $\bar{X}$ est le vecteur de population observé et I la matrice unité.

La relation se vérifie facilement du fait que $\bar{X}$, multipliant les matrices M et $\tilde{M}$ produit des soldes contraires. La relation est tautologique, tant qu'on l'applique à la répartition régionale observée; elle constitue plutôt une vérification que notre matrice de redistribution des potentiels correspond bien à l'observation. C'est lorsqu'on applique la matrice de redistribution des potentiels à une autre répartition régionale que celle observée que le système prend vraiment effet. On peut écrire :

$$(I + M + \tilde{M})\,\bar{Y} \neq \bar{Y} \quad \text{si} \quad \bar{Y} \neq \bar{X} \tag{6a}$$

Ainsi, dans des tables multirégionales et dans des projections, l'effet redistributif prévaudra. Si on se réfère à des populations initiales ou finales, la formule se dédouble selon que l'on se place en début ou en fin de période :

$$(\tilde{P}\,P)\,X_t = X_t \tag{7}$$

et

$$(P\,\tilde{P})\,X_{t+1} = X_{t+1} \tag{7a}$$

où X_t et X_{t+1} sont des populations observées. La relation en serait une d'inégalité, en présence de répartitions régionales différentes de celles observées.

AIDELF. 1993. Croissance démographique et urbanisation - Actes du colloque de Rabat, mai 1990, Association internationale des démographes de langue française, ISBN : 2-7332-7012-5, 435 pages.

Il faut remarquer que le potentiel tient compte de l'intensité de l'échange migratoire plutôt que du sens des migrations. Si l'on applique l'équation matricielle suivante :

$$(I + M + \tilde{M})\, \overline{Y} = Z \tag{8}$$

on obtient un vecteur de nouveaux potentiels migratoires. La première équation, dans notre système à trois régions, se définit comme suit :

$$z_A = y_A\,(1 - e_A - i_A) + y_B\,(e_{BA} + i_{BA}) + y_C\,(e_{CA} + i_{CA}) \tag{8a}$$

Le nouveau potentiel z_A sera la population y_A plus le solde entre l'intensité calculée par rapport à A (et observée) et les intensités d'échange avec A calculées par rapport à B et par rapport à C. Par exemple, si l'on fait augmenter fortement la population de B et diminuer celle de C, et si l'on a observé que la population de B avait plus de contacts avec celle de A, alors le potentiel migratoire de A augmentera.

Avec de nouveaux potentiels migratoires, on calculera ainsi les soldes migratoires :

$$M\,(I + M + \tilde{M})\, \overline{Y} = S \tag{9}$$

Selon que l'on se réfère au début ou à la fin de la période, on obtient :

$$(P - I)\,(\tilde{P}\,P)\,Y_t = S_t \tag{9a}$$

$$(\tilde{P} - I)\,(P\,\tilde{P})\,Y_{t+1} = -\,S_t \tag{9b}$$

On peut construire les matrices suivantes de projection et de rétroprojection :

$$[I + (P - I)\,\tilde{P}\,P]\,Y_t = Y_{t+1} \tag{10a}$$

$$[I + (\tilde{P} - I)\,P\,\tilde{P}]\,Y_t = Y_{t-1} \tag{10b}$$

TABLEAU 1.– CALCUL DES MATRICES DE TAUX DE DESTINATION ET DE PROVENANCE

A) Données

Matrice des migrants origine-destination

$$\{m_{ij}\} = \begin{Bmatrix} * & 0{,}020 & 0{,}006 \\ 0{,}010 & * & 0{,}004 \\ 0{,}030 & 0{,}003 & * \end{Bmatrix}$$

Vecteur des populations moyennes

$$\tilde{X} = \begin{Bmatrix} 0{,}40 \\ 0{,}25 \\ 0{,}35 \end{Bmatrix}$$

B) Matrices des migrants

Sur la base de la région d'origine

$$\{m_{ij}\} = \begin{Bmatrix} -0{,}040 & 0{,}020 & 0{,}006 \\ 0{,}010 & -0{,}023 & 0{,}004 \\ 0{,}030 & 0{,}003 & -0{,}010 \end{Bmatrix}$$

Sur la base de la région de destination

$$\{\tilde{m}_{ij}\} = \begin{Bmatrix} -0{,}026 & 0{,}010 & 0{,}030 \\ 0{,}020 & -0{,}014 & 0{,}003 \\ 0{,}006 & 0{,}004 & -0{,}033 \end{Bmatrix}$$

C) Matrices des taux

Taux de destination

$$M = \begin{Bmatrix} -0{,}100 & 0{,}080 & 0{,}017 \\ 0{,}025 & -0{,}092 & 0{,}011 \\ 0{,}075 & 0{,}012 & -0{,}029 \end{Bmatrix}$$

Taux de provenance

$$\tilde{M} = \begin{Bmatrix} -0{,}065 & 0{,}040 & 0{,}086 \\ 0{,}050 & -0{,}056 & 0{,}009 \\ 0{,}015 & 0{,}016 & -0{,}094 \end{Bmatrix}$$

AIDELF. 1993. Croissance démographique et urbanisation - Actes du colloque de Rabat, mai 1990, Association internationale des démographes de langue française, ISBN : 2-7332-7012-5, 435 pages.

La matrice des potentiels migratoires a pour rôle de redistribuer la capacité migratoire des régions, lorsque la répartition de ces régions change. Et c'est, après coup, que l'on applique la matrice de mobilité. Il est possible de construire des variantes des équations (10a) et (10b). Il s'agit de conserver le principe de redistribution des capacités migratoires. Par exemple, on pourrait remplacer en (10a) l'expression entre crochets par la matrice $P\tilde{P}P$, ou encore l'expression analogue de (10b) par la matrice $\tilde{P}P\tilde{P}$. On favoriserait alors plutôt la rétention que l'émigration, et on atténuerait l'effet redistributif du système migratoire.

A l'aide d'un exemple fictif donné au tableau 1, j'ai effectué une projection et une rétroprojection selon diverses formules ; les résultats paraissent au tableau 2.

TABLEAU 2.– VECTEUR D'ÉQUILIBRE OBTENU PAR PROJECTION ET RÉTROPROJECTION

Région	Vecteur X	Projection selon		
		P	$I + (P - I)\,\tilde{P}\,P$	$P\tilde{P}P$
A	0,40	0,2212	0,1588	0,3540
B	0,25	0,1396	0,1332	0,2052
C	0,35	0,6392	0,7080	0,4408
Région	Vecteur X	Rétroprojection selon		
		$\tilde{P}$	$I + (\tilde{P} - I)\,P\,\tilde{P}$	$\tilde{P}P\tilde{P}$
A	0,40	0,4424	0,4533	0,4304
B	0,25	0,4166	0,4467	0,3012
C	0,35	0,1411	0,1000	0,2684

Dans la matrice M, on s'aperçoit que la région A donne beaucoup à C, que B donne beaucoup à A, mais que C donne peu, tout en recevant beaucoup de A. Les résultats montrent que la région C est attractive dans tous les cas, mais l'est plus avec l'application de la formule (10a) qu'avec l'utilisation de la matrice P. L'application de la matrice $P\tilde{P}P$ signifierait que l'effet de structure jouerait aussi sur les taux de rétention, et atténuerait ainsi l'attraction de C.

La rétroprojection retrace la répartition régionale passée et montre que la part de la région C est faible si on applique $\tilde{P}$, mais encore plus faible si on applique la relation (10b). On obtient un résultat plus proche du point de départ avec la matrice $\tilde{P}P\tilde{P}$.

En général, par rapport à l'application de la matrice P, la relation (10a) accentue la redistribution régionale et l'attraction de certaines régions, alors que l'application de la matrice $\tilde{P}P\tilde{P}$ atténue la redistribution et favorise la sédentarisation. Dans un pays en pleine urbanisation, l'utilisation de la formule (10a), pour une projection ou une table de migration, m'apparaît plus appropriée, car elle met davantage en évidence la force d'attraction des villes.

AIDELF. 1993. Croissance démographique et urbanisation - Actes du colloque de Rabat, mai 1990, Association internationale des démographes de langue française, ISBN : 2-7332-7012-5, 435 pages.

Conclusion

Il est difficile de calculer des matrices de propension à migrer qui tiennent compte, à la fois, des effectifs des populations de départ et des effectifs des populations d'arrivée. Les modèles de type gravitationnel donnent de bons résultats d'un point de vue synchronique, mais, appliqués dans une perspective diachronique, ils produisent une inflation des probabilités de migrer et conduisent la plupart du temps à des systèmes absorbants, dans lesquels une ou quelques régions absorbent toute la population.

Je propose plutôt une approche où l'effet de structure est additif et ne cause pas de problème d'absorption. Il s'agit de placer l'observateur à la fois au départ et à l'arrivée, à la fois en perspective et en rétrospective. Le modèle de base présenté dans cette communication devra évidemment être davantage développé, et adopté aux modèles actuels, notamment le modèle multirégional.

APPENDICE
Effets de la matrice de redistribution des potentiels

Afin de voir les effets de la matrice des potentiels, formons le système suivant :

$$\begin{array}{cc} & \text{Taux en fonction d'une région de référence} \\ \begin{array}{c}\text{Taux en fonction} \\ \text{des diverses régions}\end{array} & \left\{\begin{array}{ccc} -M_A - \tilde{M}_A & M_{BA} + \tilde{M}_{BA} & M_{CA} + \tilde{M}_{CA} \\ M_{AB} + \tilde{M}_{AB} & -M_B - \tilde{M}_B & M_{CB} + \tilde{M}_{CB} \\ M_{AC} + \tilde{M}_{AC} & M_{BC} + \tilde{M}_{BC} & -M_C - \tilde{M}_C \end{array}\right\} \left\{\begin{array}{c} Y_A \\ Y_B \\ Y_C \end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{c} D_A \\ D_B \\ D_C \end{array}\right\} \end{array}$$

La somme des taux calculés selon une même population régionale (en colonne) est naturellement nulle. Mais en multipliant chaque ligne par le vecteur Y, différent du vecteur de population observée, on obtient des hausses ou des baisses des potentiels migratoires, exprimées par le vecteur D. Supposons que la région A diminue et que B et C augmentent, alors le potentiel de A augmente ; cela veut dire que A pourra fournir proportionnellement plus d'émigrants dans un processus de projection ; si, par ailleurs, c'est A qui augmente, au détriment de B et de C, la capacité d'émigration de A diminue. On voit que le système devient plus attractif, sans pour autant devenir absorbant. En général, l'application de la matrice des potentiels favorisera la concentration urbaine dans les projections.

AIDELF. 1993. Croissance démographique et urbanisation - Actes du colloque de Rabat, mai 1990, Association internationale des démographes de langue française, ISBN : 2-7332-7012-5, 435 pages.