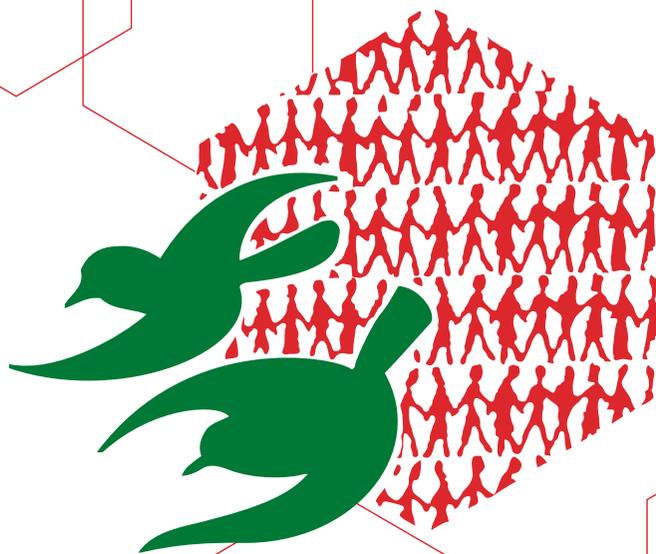


Croissance démographique et urbanisation

Politiques de peuplement et aménagement du territoire

Séminaire international de Rabat (15-17 mai 1990)



ASSOCIATION INTERNATIONALE DES DÉMOGRAPHES DE LANGUE FRANÇAISE

AIDELF

L'approche topodynamique appliquée au cas des États-Unis : description et résultats

Luc-Normand TELLIER

Université du Québec à Montréal, Canada

I.- Introduction

Les pays en développement sont presque tous confrontés à une urbanisation rapide qui modifie radicalement la localisation des activités, des emplois et des populations. Malheureusement, l'étude prospective des localisations et de l'urbanisation y est le plus souvent compromise par la rareté des recensements, par le faible degré de désagrégation et par la fiabilité relative des données disponibles.

Confronté à ces problèmes dans le cadre d'une étude prospective de l'urbanisation au Cameroun (voir Tellier, 1989), nous avons pour la première fois utilisé à des fins empiriques une approche méthodologique que nous avons mise au point au cours de recherches théoriques antérieures : nous nommons celle-ci l'approche topodynamique (de «topos», localisation et «dunamis», force). Les résultats obtenus lors de cette première application ont été remarquablement cohérents et plausibles. Cependant, comme les données du recensement camerounais de 1987 ne sont toujours pas disponibles, il a été impossible de comparer nos projections basées sur les recensements de 1967 et de 1976 avec ce qui a été observé en 1987.

Nous avons alors résolu d'appliquer l'approche topodynamique au cas mieux documenté des États-Unis, en ne prenant pour base, comme dans le cas camerounais, que deux recensements (soit ceux de 1950 et de 1960) afin de voir ce que donnait l'approche dans des conditions minimales. La confrontation des projections avec l'évolution observée s'est faite à l'aide des recensements de 1970 et de 1980. C'est de cette application récente dont il est ici question.

II.- Les bases de l'approche topodynamique

L'approche topodynamique voit dans le processus d'urbanisation avant tout un processus endogène de localisation fortement déterminé par les caractéristiques de l'espace national considéré. Elle propose essentiellement quatre choses :

1) de recourir à un modèle relativement complexe de localisation pour simuler sur ordinateur diverses évolutions du schéma de localisation observé au départ (dans le cas qui nous occupe, il s'agissait du schéma de localisation des populations urbaines américaines observées en 1950);

2) de caractériser les simulations de façon à pouvoir définir les caractéristiques du modèle qui permettent de mieux reproduire sur ordinateur l'évolution observée (en l'occurrence, l'évolution de l'urbanisation observée aux États-Unis entre 1950 et 1960);

3) de prendre en compte les écarts résiduels différenciant de l'évolution observée les résultats des simulations correspondant aux caractéristiques optimales du modèle;

4) de projeter l'évolution des localisations à l'aide du modèle optimal, modifié pour prendre en compte les correctifs.

Le modèle utilisé est basé sur un des problèmes les plus célèbres de la théorie de la localisation : le problème du triangle de Weber (1929). Ce problème a traditionnellement été décrit comme un problème de minimisation des coûts de transport dans le contexte d'un espace caractérisé comme étant une « plaine uniforme ». Dans Tellier (1972 et 1985), il a été suggéré que le problème de Weber⁽¹⁾ est beaucoup plus général que sa formulation originelle ne le laisse croire, et qu'il peut correspondre à tout problème de localisation impliquant l'optimisation d'une fonction de localisation continue et différentiable, $L = L(g_1, \dots, g_i, \dots, g_n)$, définie en termes de distances euclidiennes g_i à des points de référence $1, \dots, i, \dots, n$, et caractérisée par le fait que $\partial L / \partial g_i$ est constant pour toute valeur de g_i et pour toutes les directions dans un espace à deux dimensions⁽²⁾.

Alors que le problème traditionnel ne prenait en compte que des points d'attraction, nous utiliserons ici aussi le concept de point de répulsion qui, si on excepte Wesolowski (1977), Drezner et Wesolowsky (1990) et nos articles, a été ignoré dans la littérature. Un point d'attraction est tel que la force $\partial L / \partial g_i$ correspondante est négative quand L doit être maximisé et positive quand L doit être minimisé. A l'opposé, un point de répulsion est tel que la force $\partial L / \partial g_i$ correspondante est positive quand L doit être maximisé et négative quand L doit être minimisé. En termes plus concrets, un point de répulsion consiste en un emplacement dont le décideur cherche à être aussi éloigné que possible (par exemple, un aéroport, une centrale nucléaire ou un dépôt).

Les principales sources qui ont été mises à contribution sont, pour ce qui est des méthodes mathématiques de résolution des problèmes de Weber : Tellier et Polanski (1989), Tellier (1972), Tellier (1985), Kuhn et Kuenne (1962). En ce qui concerne la mise au point du modèle, nous renvoyons à Tellier et Ceccaldi (1983), à Tellier, Ceccaldi et Tessier (1984), à Tellier (1986), à Tellier (1987) et à Tellier (1989).

Le modèle topodynamique part du problème du triangle de Weber et simule des scénarios où n problèmes de Weber successifs et déterminés de façon aléatoire sont interdépendants. Chacun de ces problèmes comporte, à la fois, des points de référence choisis aléatoirement dans l'espace à deux dimensions considéré⁽³⁾ et des points de référence choisis aléatoirement parmi les points de localisation optimale des $(i-1)$ problèmes antérieurs⁽⁴⁾. Plus le degré d'interdépendance des problèmes est élevé, plus la

(1) Dans la formulation traditionnelle du problème de Weber, L était une fonction de coût de transport qu'il s'agissait de minimiser et w_i (c'est-à-dire) était défini comme une valeur non-négative égale au taux de transport fois la quantité correspondante des biens transportés.

(2) La forme mathématique de la fonction L est la suivante : $L = \sum_{i=1}^n w_i g_i$ où

- $w_i = \partial L / \partial g_i$

- $g_i(x) = |x - x_i|$

- x_i : le vecteur de localisation du $i^{\text{ème}}$ point de référence.

(3) En supposant que les points sont indépendamment distribués suivant une distribution uniforme identique $U(0, m) \times U(0, n)$.

(4) En supposant toujours une distribution uniforme identique.

proportion de points choisis parmi les localisations optimales antérieures est grande. De plus, les forces correspondant à ces points de référence sont aussi choisies aléatoirement par l'ordinateur⁽⁵⁾.

L'approche topodynamique se sert du problème de Weber pour faire évoluer un système de localisation à l'aide de « scénarios », c'est-à-dire à l'aide de séries successives de problèmes de Weber interdépendants ayant des caractéristiques particulières, problèmes dont l'ordinateur trouve, itération après itération, les solutions optimales. Pour bien faire comprendre cette approche, procédons par étapes.

III.- Indices descriptifs des schémas de localisation

Avant même d'entreprendre quelque simulation que ce soit, il convient de décrire, à l'aide d'indices mathématiques, les schémas de localisation observés. Plusieurs indices mathématiques ont été utilisés pour caractériser ces divers schémas de localisation. Ce sont :

1) le paramètre **L** de la relation rang-taille correspondant à la distribution obtenue des villes de différentes tailles; plus la hiérarchie urbaine est dominée par un nombre réduit de grandes villes, plus la valeur de ce paramètre est élevée;

2) le rapport **Z** entre la population de la deuxième ville de la hiérarchie et celle de la première ville;

3) la distance **H** mesurant le déplacement du centre de gravité des populations d'une année d'observation à une autre;

4) l'angle **T** de déplacement du centre de gravité; cet angle est calculé à partir du nord vers l'est (dans le sens des aiguilles d'une montre);

5) la distance **G** du centre de gravité des populations au centre géométrique de l'espace borné considéré;

6) un indice **Y** de déconcentration par rapport au centre géométrique; cet indice varie de 0 à 1 et il prend une valeur d'autant plus grande que les populations sont en moyenne éloignées du centre géométrique⁽⁶⁾;

7) un indice de concentration **C**, qui varie entre 0 et 1, la valeur 1 correspondant au cas où toute la population est concentrée en un seul point;

8) un indice d'éparpillement **E**, qui varie entre 0 et 1, la valeur 1 correspondant au cas où n'existeraient que deux villes séparées par la distance maximale possible;

9) un indice de dispersion **Q**, dont l'augmentation indique une plus grande dispersion relative de la population à travers le territoire.

Ces divers indices peuvent décrire autant le schéma initial de localisation des points de référence que le schéma obtenu en fin de simulation. Quand il s'agit des indices du schéma initial, nous écrirons **c**, **y**, **g**, **l**,..., au lieu des notations **C**, **Y**, **G**, **L**,..., que nous utiliserons uniquement en référence au schéma final.

⁽⁵⁾ En supposant que les forces, en valeurs absolues, sont indépendamment distribuées suivant une distribution uniforme identique $U(0, k)$.

⁽⁶⁾ Pour une définition de cet indice et des trois suivants, voir Tellier (1989) ou (1989a).

IV.- Indices et paramètres caractérisant les processus de localisation

Les processus itératifs de localisation impliquant la résolution successive de multiples problèmes du triangle de Weber sont caractérisés par les indices suivants :

1) le degré d'interdépendance i des itérations, donné par la probabilité qu'un point de référence (c'est-à-dire un point d'attraction ou un point de répulsion) ou un point de localisation optimale correspondant à une itération précédente soit retenu comme point de référence, lors d'une itération donnée (i varie entre 0 et 1);

2) la proportion a de points d'attraction parmi les points de référence (d'attraction ou de répulsion) considérés (a varie entre 0 et 1);

3) la friction supposée de l'espace, donnée par la probabilité p que, dans leur sélection, certains points de référence choisis au hasard soient rejetés parce qu'étant trop éloignés des autres points de référence choisis (p varie entre 0 et 1);

4) le nombre n d'itérations aléatoires réalisées au cours de la simulation.

Les résultats obtenus, tant dans un cadre théorique que dans celui d'applications empiriques confirment l'existence de fortes régularités dans les processus wébériens de localisation. Ces régularités peuvent se résumer de la façon suivante :

1) l'augmentation du niveau d'interdépendance entraîne une augmentation marquée du degré de polarisation;

2) la proportion relative de points d'attraction et de points de répulsion détermine la forme spatiale de la polarisation : plus il y a de points d'attraction, plus la polarisation favorise le centre de l'espace considéré; plus il y a de points de répulsion, plus la polarisation favorise la périphérie;

3) l'effet de dissuasion de la distance est plus discret; cependant, il est clair que plus cet effet est fort, plus l'évolution spatiale des localisations est «ralentie», les nouvelles activités ayant moins de chances de sortir de l'orbite des centres existants.

En fixant que n correspond au nombre additionnel d'«activités» observées entre 1950 et 1960 (ce nombre est effectivement ici de 1497, chaque «activité» correspondant à une tranche de population de 16 000 habitants) et en partant du schéma des localisations observées, en 1950, aux États-Unis (en excluant l'Alaska et Hawaï)⁽⁷⁾, il s'agissait d'estimer les fonctions suivantes à partir de soixante-quatre⁽⁸⁾ scénarios différents :

$$C = \beta_1 + \beta_2 c + \beta_3 g + \beta_4 I + \beta_5 \ln[p/(1-p)] + \beta_6 \ln[a/(1-a)] + \beta_7 \ln[l/(1-l)]$$

$$Y = \beta'_1 + \beta'_2 c + \beta'_3 g + \beta'_4 I + \beta'_5 \ln[p/(1-p)] + \beta'_6 \ln[a/(1-a)] + \beta'_7 \ln[l/(1-l)]$$

$$E = \beta''_1 + \beta''_2 c + \beta''_3 g + \beta''_4 I + \beta''_5 \ln[p/(1-p)] + \beta''_6 \ln[a/(1-a)] + \beta''_7 \ln[l/(1-l)]$$

(7) Nous avons considéré ici les 201 Standard Metropolitan Standard Areas (SMSA) recensées en 1950. La plus petite d'entre elles comptait, cette année-là, 26 000 habitants.

(8) Les soixante-quatre scénarios correspondent à quatre valeurs différentes de chacun des paramètres p , a et i . La valeur du paramètre n est liée au niveau choisi d'accroissement de population associé à l'implantation d'une nouvelle activité. Ce niveau est lui-même défini, arbitrairement, en tenant compte des variations de population observées entre 1950 et 1960. Cette procédure évite les complications qu'amènerait une estimation endogène de n , tout en ne compromettant pas la qualité de l'analyse.

Dans le cas étudié, on obtient les régressions suivantes :

$$C = 0,5244 - 0,0026 \ln[a/(1-a)] + 0,0063 \ln[l/(1-l)]$$

(328,10) (- 5,30) (12,8)

$$Y = 0,6081 - 0,006106 \ln[a/(1-a)] + 0,002527 \ln[l/(1-l)]$$

(743,06) (- 24,35) (10,19)

$$E = 0,011807 - 0,0006197 \ln[p/(1-p)] + 0,0003152 \ln[a/(1-a)] - 0,0002036 \ln[l/(1-l)]$$

(61,76) (- 10,58) (5,44) (3,51)

Tous les coefficients donnés ici sont statistiquement significatifs, comme l'indiquent les valeurs de Student. Les R^2 sont, pour l'équation C : 0,7635 ; pour l'équation Y : 0,9201 et pour l'équation E : 0,7260. Compte tenu des valeurs observées en 1960 (C = 0,5447 ; Y = 0,5999 ; E = 0,0154), on obtient par résolution du système d'équations ci-dessus :

$$a = 97,0\% ;$$

$$l = 99,0\% ;$$

$$p = 99,9\% .$$

Il y avait cependant deux difficultés qu'il convenait encore de contourner :

a) à cause du caractère aléatoire de Simloc, chaque simulation est unique ; il convient donc de trouver le moyen d'obtenir le schéma de localisation que Simloc devrait donner en moyenne ;

b) le modèle Simloc supposant qu'il ne se passe rien à l'extérieur de l'espace étudié ne peut pas à lui seul tenir compte de tous les effets exogènes qui modifient, dans la réalité, les schémas de localisation (par exemple, la croissance d'une ville portuaire tient pour l'essentiel aux relations avec l'extérieur) ; il convient donc de trouver un moyen d'identifier ces effets exogènes et d'en tenir compte.

V.- Calcul d'un scénario moyen et estimation des correctifs

Le modèle permet de trouver une réponse simple à la première question. Au lieu d'utiliser un espace parfaitement continu, il suffit de considérer un espace contenant un très grand nombre de points (par exemple, 160×280 points) répartis uniformément. Dans un tel cas, le schéma «moyen» sera obtenu en faisant la moyenne des nombres de localisations optimales obtenus en chacun des points au cours d'une dizaine de simulations aléatoires différentes.

Une fois le schéma «moyen» obtenu, celui-ci peut être comparé au schéma observé auquel il devrait normalement ressembler. Il suffit, pour ce faire, de calculer, en chaque point, la différence entre les valeurs observées et les valeurs moyennes obtenues. Cette opération permet de dresser la carte des «correctifs», ces derniers reflétant avant tout les effets exogènes dont le modèle ne saurait tenir compte dès la première étape. Cette carte des correctifs permet d'introduire dans le modèle des modifications capables d'«endogénéiser» les effets exogènes repérés. Cependant, elle mérite d'être étudiée pour elle-même dans le but d'analyser plusieurs caractéristiques de l'évolution observée en comparant celle-ci à une situation idéale où aucun facteur extérieur ne serait venu biaiser le processus de localisation. L'analyse des correctifs constitue un des produits les plus

intéressants du modèle. En somme, les valeurs retenues de p , a et i permettent de préciser les caractéristiques de la toile de fond du processus d'urbanisation, tandis que l'identification des correctifs permet de préciser les points critiques de l'espace considéré.

Deux avenues sont possibles, quand vient le moment de tenir compte des facteurs exogènes révélés par la carte des correctifs. Celle que nous avons retenue consiste à modifier les résultats mêmes des simulations. Par exemple, si on observe qu'entre 1950 et 1960, le modèle sous-estime l'augmentation de population d'une ville donnée de tant en moyenne, on peut supposer que la même sous-estimation sera observée lors d'une projection impliquant un changement de la même ampleur. On peut alors corriger les résultats d'une telle simulation en conséquence. C'est cette voie qui a été suivie pour des raisons de simplicité.

VI.- Projections

Le modèle ainsi modifié peut servir à simuler ce qui devrait normalement se produire dans les années futures et à calculer un schéma de localisation C , susceptible de prévaloir si les conditions qui ont produit le schéma B à partir du schéma A persistent. Le tableau 1 présente les résultats obtenus et les compare aux données observées en 1980 et à une simple projection « isotaxe » basée sur les taux de croissance observés entre 1950 et 1960⁽⁹⁾.

L'écart moyen entre les taux de croissance annuels moyens observés et topodynamiques est de 0,80 %; l'écart correspondant, dans le cas des projections isotaxes, est de 1,47 %. Si on considère l'ensemble des 201 villes, les projections topodynamiques s'avèrent meilleures que les projections isotaxes dans 70,15 % des cas. La supériorité des projections topodynamiques est plus marquée dans le cas des grandes villes : les projections topodynamiques se sont avérées supérieures aux projections isotaxes dans 87,5 % des cas, dans le groupe des 40 plus grandes villes; dans 72,5 % des cas, dans le groupe des 40 villes suivantes; dans 70 % des cas, dans le groupe des 40 villes suivantes; dans 60 % des cas, dans le groupe des 40 villes suivantes et dans 61 % des cas, dans le groupe des 41 plus petites villes considérées. Ceci s'explique sans doute, en bonne partie, par le fait que le caractère aléatoire des projections topodynamiques perturbe plus les résultats concernant les petites villes.

Les tableaux 2 et 3 donnent les valeurs des divers indices descriptifs observés en 1950, 1960 et 1980 (valeurs entre parenthèses), ainsi que les valeurs prévues par l'approche topodynamique pour 1980. Ces tableaux montrent que la projection topodynamique comportent des indices descriptifs tout à fait compatibles avec les tendances antérieures et avec l'évolution observée. Notons que les résultats obtenus dans le cas du Cameroun étaient tout aussi éloquentes à cet égard, leur cohérence avec les tendances antérieures étant quasi totale. Dans le cas des États-Unis, il est peu probable que d'autres valeurs de p , a et i puissent donner lieu à de meilleurs résultats que ceux que nous présentons, lesquels résultent du système d'équations simultanées.

⁽⁹⁾ Notons que les projections topodynamiques ne sont pas datées a priori : leur datation s'effectue de façon exogène en choisissant l'itération pour laquelle la population totale des villes considérées est égale à la population totale de ces villes en 1980. Évidemment, toute projection isotaxe est datée, ce qui peut sembler être un inconvénient ; c'est là cependant un inconvénient qu'on ne saurait contourner sans remettre en cause le caractère isotaxe de la projection.

L'approche topodynamique a moins pour objectif la prévision que la projection, en ce sens qu'il s'agit moins de prédire exactement ce qui va se produire que de définir

TABLEAU 1.- PROJECTIONS TOPODYNAMIQUES, PROJECTIONS ISOTOXES ET OBSERVATIONS

Rg	Ville	Population en 1980 (en mill.)			Taux annuel moyen (en %)		
		Project. topodyn.	Popul. observée	Project. iso-tope	Project. topodyn.	Popul. observée	Project. iso-tope
1	New York	7 990	9 120	1 0334	-0,88	-0,22	0,40
2	Los Angeles	9 318	7 478	1 2776	2,19	1,07	3,82
3	Chicago	7 555	7 104	8 980	0,98	0,67	1,85
4	Philadelphie	5 380	4 717	6 079	1,08	0,41	1,70
5	Détroit	4 789	4 353	6 133	0,97	0,49	2,22
6	Boston	3 443	3 663	3 849	0,13	0,44	0,69
7	San Francisco	3 435	3 251	4 074	1,31	1,03	2,18
8	Washington	3 129	3 061	4 002	1,99	1,88	3,25
9	Dallas-Fort Worth	2 657	2 975	3 550	2,14	2,72	3,64
10	Houston	2 165	2 905	3 261	2,10	3,61	4,21
11	St Louis	2 672	2 356	3 072	1,11	0,47	1,82
12	Pittsburg	2 501	2 264	2 840	0,20	-0,30	0,84
13	Baltimore	2 329	2 174	2 766	1,29	0,94	2,16
14	Minneapolis-St.Paul	2 110	2 114	2 603	1,40	1,41	2,47
15	Atlanta	1 665	2 030	2 140	1,78	2,80	3,07
16	Newark	2 107	1 966	2 505	0,70	0,35	1,57
17	Anaheim	1 448	1 933	7 478	3,67	5,18	12,54
18	Cleveland	2 335	1 899	2 960	1,01	-0,03	2,22
18	San Diego	1 813	1 862	3 553	2,85	2,99	6,37
20	Miami	1 603	1 626	3 336	2,73	2,81	6,57
Toutes les villes		149 550	149 596	207 848	1,25	1,25	2,93
Moyennes		744	744	1 034	1,30	1,51	2,78

TABLEAU 2.- ÉVOLUTION PRÉVUE DES INDICES DESCRIPTIFS L, H, T ET G

	Indice L Loi rang-taille	Indice H Déplacement centre grav.	Indice T Angle déplac ^t centre gravité	Indice G Dist. centre grav. centre géom.
(1950)	(0,8608)	(0)	(-)	(70,756)
(1960)	(0,8097)	(8,4465)	(159,2°)	(62,853)
1980	0,7466	10,2681	159,5°	53,448
(1980)	(0,7312)	(12,0172)	(155,3°)	(52,306)

TABLEAU 3.- ÉVOLUTION PRÉVUE DES INDICES DESCRIPTIFS Y, C, E, M ET Q

	Indice Y Déconcentration centrale	Indice C Concentration	Indice E Eparpillement	Indice Q Dispersion modifié
(1950)	(0,6041)	(0,5574)	(0,0151)	(0,0797)
(1960)	(0,5999)	(0,5447)	(0,0154)	(0,0807)
1980	0,5931	0,5322	0,0159	0,0813
(1980)	(0,5960)	(0,5250)	(0,0162)	(0,0822)

où logiquement conduisent certaines évolutions observées. Il convient aussi de souligner que, dans le cas du Cameroun, le processus topodynamique convergeait dans la mesure où l'ordre des villes, qui, en début de processus, était radicalement modifié (à cause de l'extrême disparité des taux de croissance observés entre 1967 et 1976), se stabilisait tout à fait à plus ou moins long terme. Nous n'avons pas encore pu vérifier si cela se produisait aussi dans le cas américain.

Notons que l'approche topodynamique permet de formuler différents scénarios prospectifs correspondant, entre autres, à diverses hypothèses concernant :

- a) l'évolution des indices (**p**, **a**, **i**) caractérisant les processus de localisation ;
- b) l'évolution des « correctifs » reflétant l'effet des facteurs exogènes.

L'étude de plusieurs hypothèses différentes permet de mesurer la sensibilité de l'analyse aux variations de certaines variables.

Il convient d'ajouter que le modèle topodynamique est essentiellement un modèle spatio-dynamique de localisation. Il est conçu de façon à simuler la dynamique des processus de localisation ; il permet donc de projeter l'évolution des répartitions de population ou d'activités à travers l'espace, sans pour autant prétendre prévoir l'évolution temporelle de la somme globale des populations ou des activités visées. Dans le cas de l'étude de l'urbanisation, la prévision de l'évolution de la population urbaine totale doit faire l'objet d'une autre analyse. L'évolution prévisible de la population urbaine totale étant estimée, il devient possible de « dater » les projections topodynamiques.

VII.- Conclusion

L'approche topodynamique ne part pas d'un découpage prédéterminé de l'espace étudié et ne se concentre pas sur l'évolution d'aggrégats « zonaux ». Elle aborde l'étude des localisations, un peu comme un physicien aborderait l'étude de la répartition de particules dans un espace donné, soit en concentrant l'analyse sur les conditions ambiantes (température, champ magnétique, chez le physicien ; degré d'interdépendance, friction de l'espace, combinaison attraction-répulsion, ici), ainsi que sur les caractéristiques de l'espace considéré (forme physique de l'enveloppe de l'espace, phénomènes d'osmose, pour le physicien ; ici, caractéristiques des conditions exogènes du système de localisation).

L'application de l'approche au cas des États-Unis suggère que, non seulement l'approche topodynamique produit des projections ayant des caractéristiques spatiales compatibles avec celles des schémas observés antérieurement, mais encore qu'elle donne lieu à des projections qui se rapprochent grandement des évolutions observées (du moins, dans le cas américain).

Enfin, l'approche topodynamique doit servir à alimenter la réflexion et non pas remplacer cette dernière. Cette remarque s'impose du fait que la présentation qui précède, par son caractère très technique, pourrait laisser croire à certains que l'urbanisation se résume à un processus purement mécanique, ce qui est contraire à l'optique propre de l'approche topodynamique qui vise à faire avancer la réflexion en insistant sur le caractère profondément spatial du phénomène de l'urbanisation. Ce phénomène se déroule dans l'espace ; il marque l'espace et il est marqué par celui-ci ; aussi doit-on l'étudier dans tous ses aspects spatiaux pour en saisir la profonde complexité, mais aussi la structure essentielle. C'est ce que peut contribuer à faire l'approche topodynamique.

BIBLIOGRAPHIE

- DREZNER, Zvi et George O. WESOLOWSKY, *The Weber Problem on the Plane with Some Negative Weights*, 1990.
- KUHN, H.W. et R.E. KUENNE, « An Efficient Algorithm for the Numerical Solution of the Generalized Weber Problem in Spatial Economics », *Journal of Regional Science*, 4 (1962), pp. 21-34.
- TELLIER, Luc-Normand, « The Weber Problem : Solution and Interpretation », *Geographical Analysis*, 4 (1972), pp. 215-233.
- TELLIER, Luc-Normand et Xavier Ceccaldi, *Phénomènes de polarisation et de répulsion dans le contexte du problème de Weber*, Communication présentée devant l'Association canadienne de science régionale, Vancouver, (1983).
- TELLIER, L.-N., X. Ceccaldi and F. Tessier, *Simulation des phénomènes de polarisation et de répulsion à partir du problème de Weber*, Institut de mathématiques économiques, Université de Dijon, document no. 70, (1984), 49 pages.
- TELLIER, Luc-Normand, *Économie spatiale : rationalité économique de l'espace habité*, Chicoutimi, Gaëtan Morin éditeur, (1985), 277 pages.
- TELLIER, Luc-Normand, « Polarisation, centralité et hiérarchisation des centres dans le contexte des processus wébériens de localisation », in *Association de science régionale de langue française*, Technologies nouvelles et développement régional, Paris, Gremi, (1986, pp. 385-394.
- TELLIER, Luc-Normand, « Points d'attraction, points de répulsion, centre et périphérie », in *Association de science régionale de langue française*, Espace et périphérie, Lisbonne, FNEC, (1987).
- TELLIER, Luc-Normand, *Étude prospective de l'urbanisation au Cameroun*, rapport soumis à l'Agence canadienne de développement international, (1989), 120 pages.
- TELLIER, Luc-Normand, « L'approche topodynamique : une nouvelle voie pour l'étude de l'urbanisation », *Revue canadienne des sciences régionales*, Vol. 12, No. 2, (1989a), pp. 223-246.
- TELLIER, Luc-Normand et Boris POLANSKI, « The Weber Problem : Frequency of Different Solution Types and Extension to Repulsive Forces and Dynamic Processes », *Journal of Regional Science*, vol. 29, no. 3, (1989), pp. 387-406.
- WEBER, Alfred, *Ueber den Standort der Industrien*, Tübingen – Traduction anglaise, *Theory of the Location of Industries*, Chicago, University of Chicago Press, (1929), 256 pages.
- WESOLOWSKY, G.O., « The Weber Problem with Rectangular Distances and Randomly Distributed Destinations », *Journal of Regional Science*, 17 (1977), pp. 53-60.