

La théorie des graphes pour construire des territoires de mobilités

Les effets économiques de la mobilité spatiale sur l'organisation du territoire

David Levy, François Sémécurbe ¹, avril 2011

Introduction

Notre communication propose de rapprocher les marchés locaux du travail des zones de résidence, démontrant ainsi que l'ancrage territorial explique l'organisation géographique de la France en territoire de mobilités, espace à l'intérieur desquels sont réalisées la plupart des mobilités : navettes quotidiennes pour aller travailler et changements de résidences. Ces travaux reposent sur l'analyse des réseaux constitués par des données de flux. Les réseaux sont modélisés par une analyse spectrale des matrices de flux empruntée à la théorie des graphes.

L'hypothèse d'Oswald suggère une relation entre le retour à l'emploi des chômeurs et le statut d'occupation de leur logement. Dans les nombreuses études économétriques qui tentent de mesurer l'impact de l'hypothèse d'Oswald sur le taux chômage d'un territoire, rares sont celles qui questionnent l'impact du découpage territorial lui-même sur le phénomène.

Or la maille territoriale n'est pas neutre, elle définit un intérieur et un extérieur au territoire de référence et conditionne donc la topologie des flux entrants ou sortants. A l'instar des nomenclatures, la maille territoriale est un prisme qui décrit le réel à partir d'un certain nombre de choix conscient ou inconscient (poids de l'histoire dans la construction des territoires).

Notre communication se propose de déceler l'ancrage territorial des mobilités (domicile-travail et résidentielle) et de proposer un découpage du territoire en zones cohérentes par rapport aux mobilités. En ce sens notre méthode s'apparente aux méthodes de classifications classiques. Elle est issue du découpage en communauté des réseaux sociaux et consiste à trouver des communautés de nœuds fortement connectés entre eux et très peu liés avec les nœuds des autres groupes.

L'application de notre méthode aux flux domicile-travail et migration résidentielle nous a permis de constater la forte ressemblance des zonages issus des deux flux et de supputer l'existence d'un ancrage des flux autour de territoires de mobilités centrés sur les villes. Ces territoires de mobilités

¹ Insee, pôle de service à l'action régionale « Analyse Territoriale »
david.levy@insee.fr
francois.semecurbe@insee.fr

permettent d'appréhender les effets économiques des mobilités sur les territoires. Ils sont selon nous, de « bons zonages » pour tester les modèles économétriques sur l'emploi et le chômage.

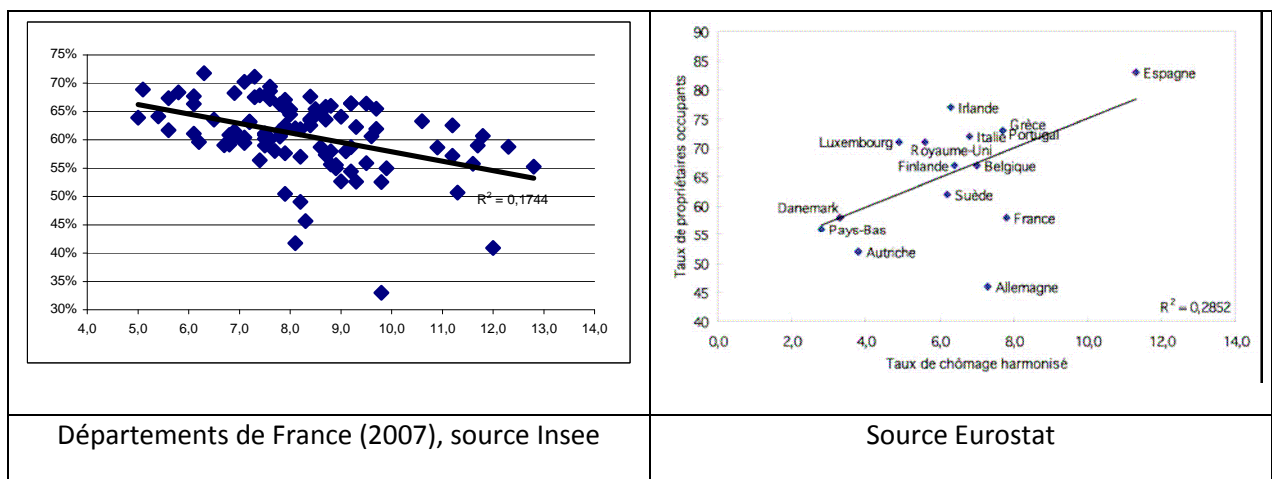
1. La mobilité structure le territoire

La mobilité quotidienne contrainte, celle pour se rendre sur son lieu de travail ou d'étude, structure l'organisation de l'espace ; elle est à l'origine en outre du développement des grandes aires métropolitaines autour desquelles gravitent des espaces urbains conçus par et pour ces déplacements quotidiens.

Les dernières décennies sont le témoin de la croissance exponentielle de la mobilité qui a construit des corrélations complexes liant l'évolution des mobilités aux dynamiques territoriales, associant l'accès au travail à celui des services et équipements. En d'autres termes, **il semblerait que l'on assiste à autre recomposition territoriale : vers une association croissante entre territoires de l'emploi et territoires de vie.**

De nombreux articles économiques analysent le lien entre la mobilité géographique et l'accès à l'emploi. Si la compréhension des interactions entre ces deux mécanismes est rendue compliquée par leur endogénéité, il ressort néanmoins plusieurs interprétations : d'une part, les chômeurs propriétaires sont moins enclins à accepter un emploi qui les obligerait à déménager. D'autre part, lorsque le taux de propriétaire est élevé, le marché locatif est plus tendu et il est plus difficile pour les locataires de trouver un logement. Des études récentes sur données individuelles (C. brunet, N. Havet, JY Lesueur) ont permis de mesurer l'effet de la propriété immobilière sur la probabilité de retour à l'emploi. Si aux États-Unis l'effet est négatif (expliqué notamment par la facilité d'accès à la propriété), en France, l'effet est positif, la propriété immobilière augmenterait la probabilité de retour à l'emploi.

Taux de propriétaire et taux de chômage



L'apparente relation empirique est trompeuse car le modèle est de type endogène : le retour à l'emploi n'est possible que sous conditions de mobilité résidentielles et, inversement, l'accession à la propriété n'est possible que si la situation professionnelle est stable.. Néanmoins, cette relation connue sous l'appellation hypothèse d'Oswald, suggère que le mode d'occupation des logements est une variable explicative des différences entre les taux de chômage observés dans les pays de l'OCDE.

Oswald (1999) avance plusieurs mécanismes sous-jacents à ce phénomène pour expliquer que la propriété immobilière est un obstacle à la mobilité, elle-même nécessaire à l'efficacité du marché du

travail. Ainsi, la propriété immobilière restreint le bassin de recrutement, ce qui diminue l'efficacité de la recherche d'emploi des chômeurs propriétaires. D'autre part, les contraintes de mobilité des propriétaires les contraignent plus que les locataires à chercher un nouvel emploi dans des bassins géographiquement plus limités.

La construction de modèle sur données individuelles, corrigés de l'endogénéité à l'aide variables instrumentales (C. Brunet, N. Havet, JY Lesueur, 2010), permet de tester empiriquement cette relation économique et de remettre en cause la généralisation de l'hypothèse d'Oswald ; néanmoins, cette évaluation empirique ne permet pas de comprendre le fondement économiques ou sociaux de cette relation.

Nous proposons une démarche différente d'analyse axée sur l'organisation territoriale induite par les flux de personnes. On s'efforce de modéliser l'impact territoriale des situations économiques (accès à l'emploi, à la propriété) : l'ancrage territoriale très marqué en France explique des phénomènes économiques et sociaux. La démarche consiste à analyser les flux domicile travail et migratoires (changements de résidences) pour démontrer que ces deux réseaux n'en forment qu'un seul. Le statut d'occupation résidentielle semble finalement peu important, ce qui ressort de cette approche c'est davantage un attachement territoriale compatible avec l'accès au marché local de l'emploi. Pour modéliser cette organisation territoriale à l'œuvre, il est important d'appréhender la mobilité sous deux aspects : celle liée au travail et celle liée à l'accès au logement.

La description des mobilités quotidiennes fournit une représentation du territoire décomposé en pôles d'attractions et espaces sous leur dépendance. On retrouve ces notions dans les zonages construits à partir des navettes domicile - travail que sont les aires urbaines et les zones d'emplois.

Les approches basées sur des agrégations de communes en fonction des liens ne permettent pas de restituer l'information que l'on peut tirer du réseau qui se dessine par les flux. En effet, une analyse statistique issue de la théorie des graphes est nécessaire pour analyser ces flux comme un réseau et comprendre ainsi les interactions entre les différents types de territoire.

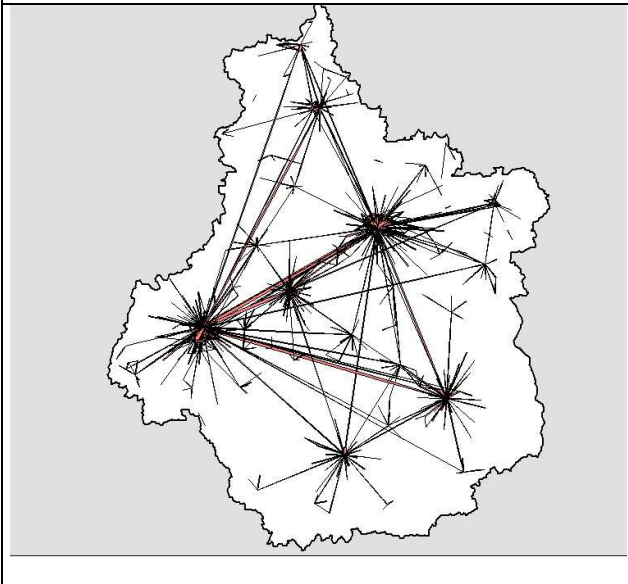
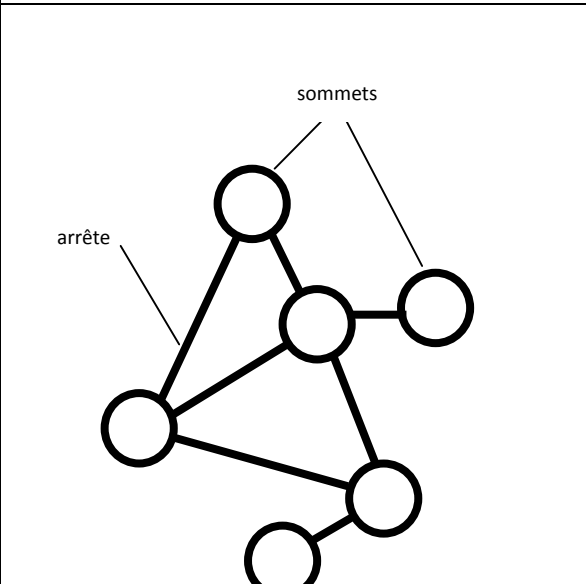
2. De la théorie des graphes à la construction d'un zonage

2.1 L'apport de la théorie des graphes

2.1.1 Des flux domicile-travail à un graphe

Nous utilisons les flux entre commune de résidence et commune de travail issus du recensement de la population de 2008. L'idée de départ est d'interpréter cette information comme une hiérarchisation de la maille géographique d'observation, ici la commune.

La lecture cartographique des flux de population fait ressortir une organisation, basée sur des polarités et des interactions entre ces polarités. Il apparaît également des liens plus forts entre certaines de ces polarités.

Carte 1 : les flux de déplacements domicile-travail	Schéma 1 : réseau théorique des flux domicile - travail
	
Navettes quotidiennes domicile - travail, région Centre Source : Insee, recensement de la population 2008	

Cette organisation des différents espaces se présente comme un graphe avec des nœuds qui polarisent le territoire et des arêtes qui lient les nœuds entre eux. On passe ainsi d'une situation observée (carte 2) à un graphe théorique (schéma 1).

Une fois le graphe constitué, il reste à le partitionner à partir de l'information qu'il contient. Dans la théorie des graphes, on parle de communautés qui définissent des ensemble plus densément connectés et qui correspondent à des groupes de sommets. Parce que ces sommets correspondent à des communes, nous aurons au final une partition du territoire.

Notre problème consiste donc à modéliser le graphe issu des flux de population puis à identifier ces communautés, espaces à l'intérieur desquels se concentrent une majorité des déplacements de population. La détection de communautés permet de comprendre les structures et les fonctionnements macroscopiques des graphes.

2.1.2 L'apport des graphes dans l'étude des comportements

De récentes avancées dans le domaine des systèmes complexes ont fait ressortir le rôle central que jouent les graphes dans de nombreux phénomènes. Ces grands graphes permettent de modéliser les interactions entre les différents acteurs de ces phénomènes complexes, qui interviennent dans de très nombreux domaines : sociologie, biologie, linguistique, physique, informatique, épidémiologie, etc.

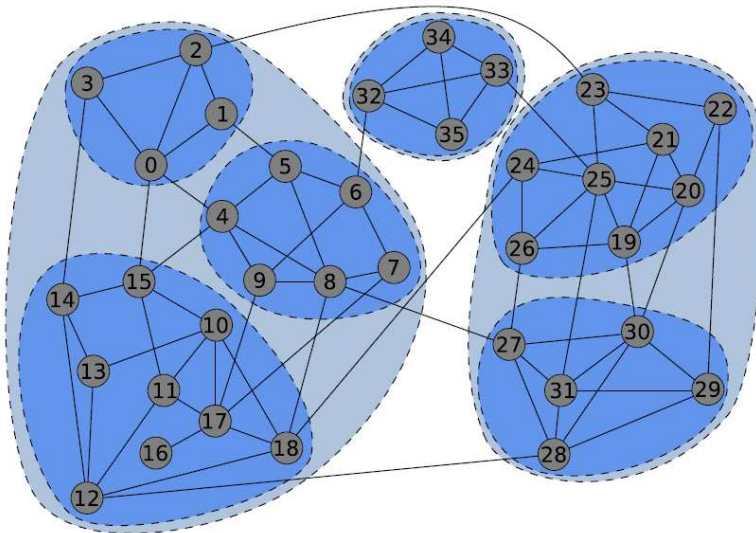
Initialement conçu pour des applications de type réseaux sociaux, les graphes constituent un champ d'application ancien et important dans lequel les acteurs sont des individus ou entités sociales (associations, entreprises, pays, etc.). Les problématiques étudiées sont de nature très variée, par exemple, les moteurs de recherche du Web se basent sur les graphes du Web (pages liées par des liens) pour référencer de manière optimale des pages.

Dans le prolongement de ces applications et par extension, on considère le territoire comme un grand graphe formé de sommets reliés par des arêtes. Deux communes sont liées s'il y a un flux de l'une vers l'autre, c'est à dire un actif occupé résidant dans une commune et allant travailler dans l'autre. Notre objectif est d'étudier les nœuds principaux du graphe, les communes qui structurent toute l'information contenue par les flux pour en constituer ensuite des groupes homogènes.

2.1.3 Méthode de construction d'un zonage cohérent à partir d'un graphe.

L'existence dans les grands graphes de zones plus densément connectées que d'autres constitue une des caractéristiques non triviales que l'on retrouve dans de nombreux cas. Ces zones sont appelées communautés (par analogie avec les réseaux sociaux) et correspondent à des groupes de sommets plus fortement connectés entre eux qu'avec les autres sommets.

Schéma 2 : constitution des communautés



Exemple de structure de communautés dans un graphe - Source : P. Fons

Le but de la détection de communautés est de trouver une partition $P = \{C_1, \dots, C_k\}$ des sommets du graphe, dans laquelle chaque sous-ensemble C_i représente une communauté (nous ne connaissons avant toute expérience ni le nombre ni la taille des communautés). Le choix de la partition est fait de manière à optimiser une fonction de qualité $Q(P)$ qui mesure des critères caractéristiques des communautés. La qualité du zonage constitué dans le cas de flux de mobilité s'interprète comme un taux de stable : la part des actifs résident d'une zone qui travaillent dans cette même zone.

Cette approche est innovante pour construire des territoires statistiques car elle s'appuie sur les relations hiérarchiques entre les territoires issues de données bi localisées. Une autre méthode a été retenue pour un réaliser un objectif similaire, la construction des zones d'emploi de l'Insee et de la DARES. Néanmoins, la méthode utilisée n'est pas optimale (voir annexe 2) et ne permet pas de superposer des graphes pour construire des territoires de mobilités comme nous allons le faire dans la partie suivante.

2.2 Formalisation

2.2.1 Matrice de flux

Les données de bi-localisées mettent en relation des mailles territoriales de départ à des mailles d'arrivée selon un flux. On peut donc aisément les représenter sous la forme d'un réseau dont la matrice d'adjacence F , est constitué des flux entre les mailles.

Ainsi $F_{i \rightarrow j}$, représente le flux entre la maille i et la maille j .

Les flux ne sont pas forcément symétriques. Or si l'on souhaite maximiser ces échanges, il est judicieux de définir un flux en échange : W_{ij} qui est une matrice symétrique : $W_{i \rightarrow j} = \frac{F_{i \rightarrow j} + F_{j \rightarrow i}}{2}$

La matrice W est la matrice d'adjacence valuée du réseau des migrations symétrisées.

On forcera la diagonale de W à 0, pour que seul les flux sortant soient porteurs d'informations sur la structure des flux. Dans le reste de l'article, on assimilera la matrice W et le graphe associé et V est l'ensemble des mailles géographiques - nœuds du graphe.

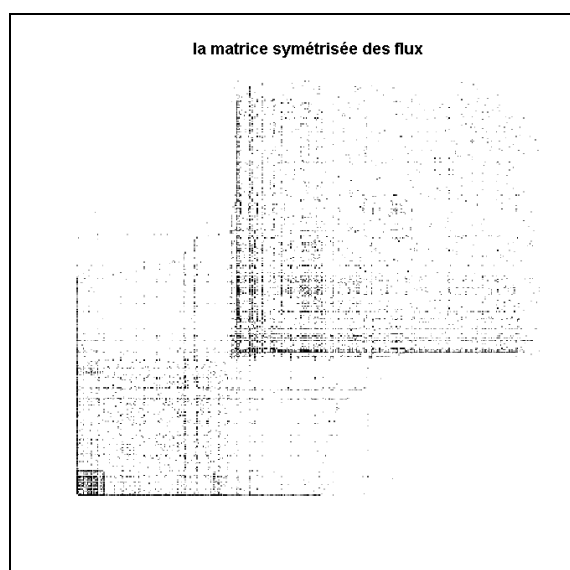


Figure 1 : Matrice symétrisée W des flux communaux domicile-travail en Corse en 2007. On constate la présence de deux blocs, correspondant aux 2 départements de Corse.

2.2.2 Définition d'une communauté

La littérature associée aux communautés dans la théorie des réseaux est très prolifique. Dans notre cas nous nous sommes inspirés des travaux de Francis R. Bach et Michael I. Jordan qui correspondent bien à l'idée que l'on peut avoir des marchés locaux et en particulier des zones d'emploi qui sont la déclinaison française des Travel-To-Work-Area.

Ainsi une partition $A = (A_r)_{\{1, \dots, R\}}$, en R-communautés du graphe W correspond à une partition des nœuds du graphe et donc des mailles géographiques, en R-parties qui maximise la somme des taux de stable.

Le taux de stable d'une partie est égal à :

$$\frac{\text{lien}(A_r, A_r)}{\text{lien}(A_r, V)} \text{ avec } \text{lien}(A, B) = \sum_{i \in A, j \in B} W_{ij}.$$

A est une communauté si elle maximise la fonction C :

$$C(A, W) = \sum_{r=1}^R \frac{\text{lien}(A_r, A_r)}{\text{lien}(A_r, V)}$$

Pour un statisticien, une partition en communauté est un découpage qui maximise les relations au sein des parties et qui minimise les relations entre les parties.

En théorie, on trouve l'optimum en testant toutes les solutions possibles ce qui est impossible à réaliser. On est donc contraint de rechercher un optimum locale par une méthode d'approximation. Tout d'abord, nous allons présenter un optimum obtenu à partir de la théorie spectrale des matrices, puis nous rechercherons une partition proche de la solution spectrale avec une méthode de nuées dynamiques.

2.2.3 Approximation spectrale du problème

La fonction C peut s'écrire de façon matricielle à l'aide de la matrice d'adjacence W :

$$C(E, W) = \sum_{r=1}^R \frac{e_r' W e_r}{e_r' D e_r} = \text{trace}(E' W E (E' D E)^{-1})$$

avec :

- $E = (e_r)$ une matrice de dimension $(V, R)^2$, $e_r = \{0; 1\}^V$ avec $e_r(i) = 1$ si $i \in A_r$. e_r est le vecteur indicatrice de la partie A_r
- $D = \text{diag}(W \vec{1})$ et $\vec{1}$ le vecteur colonne de dimension $\text{card}(V)$ composé de 1.

Si l'on relâche la contrainte d'indicatrice de partition de la matrice E (E n'est plus à valeur dans $\{0,1\}$), on obtient une solution spectrale¹ du problème d'optimisation.

En effet, $\text{Maximum}(\text{trace}(Y^t D^{-1/2} W D^{-1/2} Y))$ est donnée par la somme des R vecteurs propres associés aux R plus grande valeur propre de la matrice $D^{-1/2} W D^{-1/2}$.

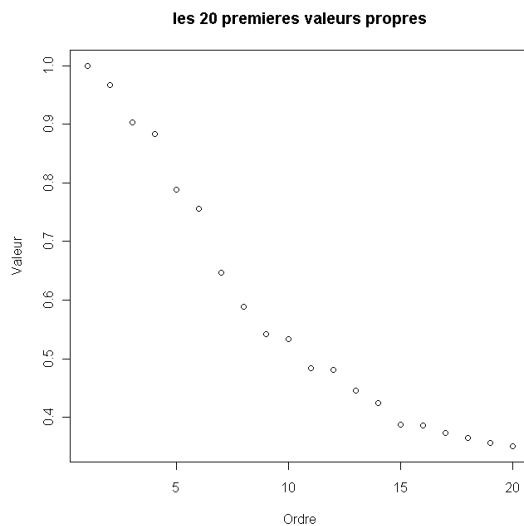


Figure 2 : Valeurs propres de la matrice $D^{-1/2} W D^{-1/2}$ associées à la matrice symétrisée W des flux communaux domicile-travail en Corse. La plus grande valeur propre égale à 1 indique que le graphe est connexe.

En relaxant, nous obtenons une solution U dont les colonnes sont orthogonales ($U^t U = I$), qui est la matrice des R premiers vecteurs propres associés aux R plus grandes valeurs propres de $D^{-1/2} W D^{-1/2}$.

A priori la solution U n'est pas à valeur dans $\{0,1\}$. Y n'est donc pas une solution admissible comme matrice d'indicatrice d'une partition en communautés.

Pour obtenir, une partition en communauté, nous allons définir un indicateur de proximité² entre la solution spectrale et une partition A (associée à une matrice E d'indicatrice de partition) de V.

Nous ne pouvons pas directement comparer les colonnes de Y et E directement, car Y est une défini à une rotation près. En revanche nous pouvons comparer les espaces engendrés par les projections orthogonales de Y et de E :

¹ W est symétrique donc également $D^{-1/2} W D^{-1/2}$ qui admet une base de vecteurs propres orthogonaux. C'est une extension du problème du quotient de Rayleigh.

² Pour être plus précis, l'indicateur est une distance au carrée.

$$J(W, E) = \frac{1}{2} \|UU^t - \Pi_e\|_F^2$$

avec :

- UU^t matrice de projection orthogonale de U
- $\Pi_e = D^{1/2} E^t (E^t D E)^{-1} E D^{1/2}$ est la matrice de projection sur les vecteurs colonnes de E.
- $\|\cdot\|_F$ est la norme de Frobenius dérivée du produit scalaire $\langle A, B \rangle = \text{trace}(B^t A) = \sum_{i,j} A_{ij} B_{ij}$ ou A et B sont deux matrices carrées.

L'indicateur de proximité ne permet pas de trouver une solution optimale admissible de manière simple, et on est encore confronté à un problème qui nécessite de tester toutes les partitions possibles pour trouver celle qui est optimale.

Cependant Francis R. Bach et Michael I. Jordan ont démontré dans leurs articles la possibilité de trouver une solution approchée à l'aide d'une classification par Nuées dynamiques.

2.2.4 Solution approchée par nuées dynamiques

Sous sa forme précédente $J(W, E)$ ne donne guère d'espoir de trouver une solution approchée, mais en développant $J(W, E)$ on obtient le résultat suivant³ :

$$J(W, E) = \min_{(\mu_1, \dots, \mu_R) \in \mathfrak{R}^{R \times R}} \sum_r \sum_{p \in A_r} d_p \|d_p^{-1/2} u_p - \mu_r\|^2$$

avec u_p les vecteurs lignes de la matrice U, $d_p = D_{pp}$ et $\mu_i \in \mathfrak{R}^R$.

Sous cette forme, un optimum local de la partition A qui minimise J peut se rechercher avec une nuées dynamiques pondérées (weighted K-means).

L'algorithme que l'on met en œuvre est donc le suivant :

En entrée : Une matrice symétrique W de flux en échange

1. On calcule les R vecteurs propres orthogonaux U de $D^{-1/2} W D^{-1/2}$ avec $D = \text{diag}(W \vec{1})$
2. $U = (u_1, \dots, u_V)$ ou est l'ensemble des vecteurs lignes de la matrice U
3. On effectue une Nuées dynamiques pondérées tant que la partition A n'est pas stable

³ Spectral relation for K-means clustering. H. Zha , C. Ding, M. Gu et H. Simon in NIPS 14,2002

a. Pour tout r , $\mu_r = \sum_{p \in A_r} \frac{d_p^{1/2} u_p}{\sum_{p \in A_r} d_p}$

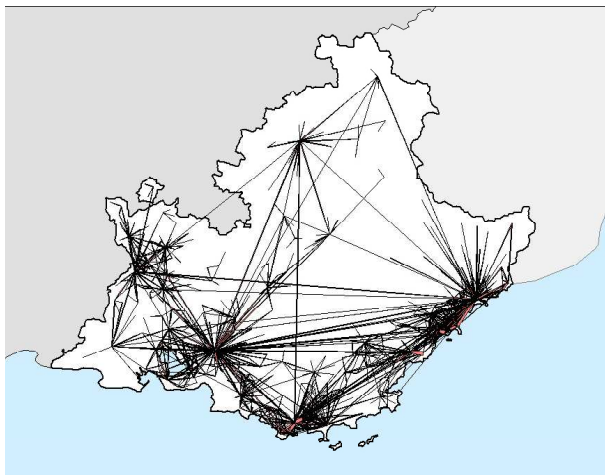
b. On assigne à A_r les nœuds p , tel que $r = \arg \min_{\tau} \|u_p d_p^{-1/2} - \mu_{\tau}\|$

En sortie : Une partition de V et une mesure de distorsion : $\sum_r \sum_{p \in A_r} d_p \|d_p^{-1/2} u_p - \mu_r\|^2$

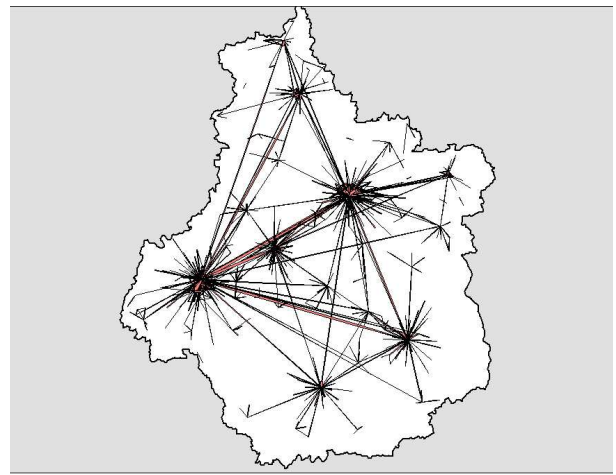
3. Construire des territoires de mobilité

3.1 La mobilité résidentielle, un phénomène marqué en France

Plus d'un tiers des ménages a déménagé en l'espace de quatre ans, entre 1998 et 2002 (voir C. Minodier, *Changer de logement dans le même environnement*). Cependant, la mobilité résidentielle n'est pas forcément synonyme de mobilité géographique importante : la moitié des ménages qui a connu un changement professionnel ou familial déménage à moins de 5,4 kilomètres, contre 2 pour les autres. Parmi les ménages mobiles, ceux ayant connu au moins une modification de la situation du ménage par rapport à l'emploi déménagent ainsi dans des périmètres plus grand que les autres. Toutefois, ces périmètres restent assez circonscrits, en effet, seuls 30% des ces ménages déménagent à plus de 50 km. Ces migrations résidentielles, quelles aient pour cause un changement d'ordre professionnel, familial ou autre, semblent décrire une certaine organisation du territoire.



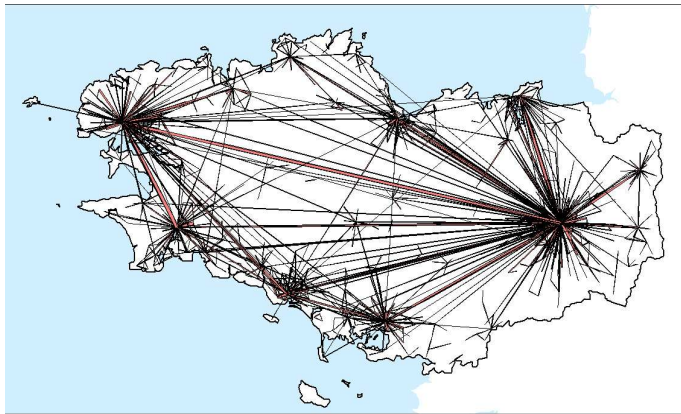
Flux migratoires de la région PACA - recensement de la population 2007



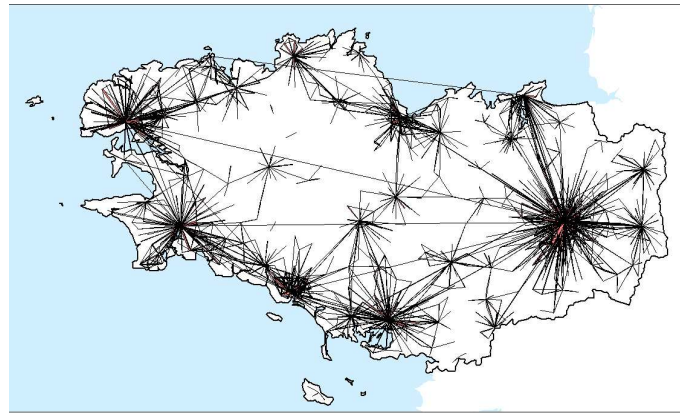
Flux migratoires de la région centre - recensement de la population 2007

3.2 Les zones de résidences sont attachées aux bassins d'emploi

L'analyse spectrale d'un réseau est appliquée sur la région Bretagne, pour laquelle on dispose de flux issus du recensement de la population 2007 : navettes domicile - travail et migrations résidentielles.



Flux migratoires de la région Bretagne - recensement de la population 2007



Flux domicile - travail de la région Bretagne - recensement de la population 2007

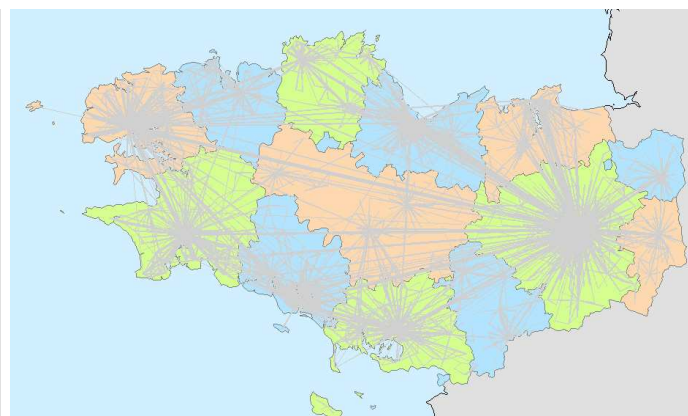
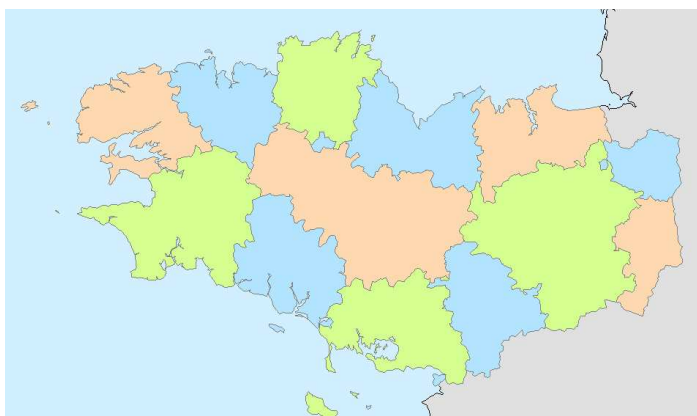
Les deux réseaux de flux migratoires et domicile travail présentent de fortes similitudes, en particulier des nœuds structurants témoignant d'une sorte de réseau des grandes villes de la région. Il semble ainsi cohérent de construire sur la région des territoires de mobilité, c'est à dire des zones où la plupart des individus déménage et travaille.

Nous avons testé une utilisation conjointe des 2 types de flux en réalisant une sorte de chaînage des 2 matrices. L'idée est de repérer les nœuds structurants combinant l'accès à l'emploi et au logement (plus exactement à la propriété immobilière).

L'analyse spectrale nous conduit à créer 13 zones :

Partition de la Bretagne en 13 territoires de mobilité

Analyse spectrale des réseaux



Les 13 zones ainsi créées présentent des taux de stable très élevés (parts des flux réalisés dans la zone), indicateur de qualité de notre zonage. Le résultat nous montre également que le territoire est hiérarchisé dans la mesure où il n'y a que de très rares cas de discontinuité, chacune des 13 zones étant constituée de communes qui sont contiguës entre elles.

Par des stables pour chaque zone (%)

Territoire	Flux domicile-travail	Flux migratoires (déménagements)
1	84,4	93,1
2	83,1	94,2
3	94,2	93,7
4	87,8	94,4
5	77,3	91,6
6	92,8	95,0
7	78,1	92,1
8	89,0	94,5
9	89,7	93,9
10	93,9	95,0
11	86,4	94,1
12	86,6	93,3
13	87,9	93,2

lecture : Pour la zone 1, 84% des actifs qui y résident y travaillent. Dans le même temps, 93% des changements de résidence des habitants de la zone se font à l'intérieur de cette même zone.

Les territoires obtenus permettent d'asseoir des politique de l'emploi mieux adaptées car ciblées sur des zones de vie qui structurent le quotidien des habitants. Il semblerait que si la France se singularise par une relation entre l'accès au logement et l'accès à l'emploi de nature différente de la plupart des autres pays de l'OCDE, cette singularité prend sa source dans la relation au territoire qui est très forte : bassins d'emploi et marchés du logement sont très liés, traduisant un ancrage territorial important.

Conclusion

L'analyse des flux sur un territoire en fait ressortir une structuration particulière organisée autour de nœuds reliés entre eux par des connections plus ou moins intenses. Pour comprendre ces mécanismes et cibler au mieux des politiques publiques qui se territorialisent de plus en plus, il est utile de partitionner le territoire. La méthode retenue est issue de la théorie des graphes car elle s'appuie sur les relations hiérarchisées entre les territoires pour construire des zones cohérentes.

L'utilisation conjointe des flux liés aux déplacements domicile - travail et migrations résidentielles nous amène à construire des territoires de mobilités, zones à l'intérieur desquelles s'observent la majorité des flux. Ces territoires ainsi constitués témoignent de la relation très forte entre bassin d'emplois et bassin de logements.

Cette méthode est performante surtout lorsque les données ont un pouvoir structurant sur le territoire. Dans le cas contraire, la partition obtenue sera fragile aussi bien d'un point de vue statistique qu'explicatif d'un phénomène économique et social.

Bibliographie

C. brunet, N. Havet, JY Lesueur, la propriété immobilière est-elle un obstacle pour sortir du chômage, avril 2010

INSEE Méthodes n°83 décembre 1998

C. Minodier, Changer de logement dans le même environnement *in* Données sociales - La société française, édition 2006

Oswald, A. (1999), The Housing Market and Europe's Unemployment : A Non-Technical Paper, unpublished paper, www2.warwick.ac.uk/fac/soc/economics/staff/faculty/oswald/homesnt.pdf.

Learning Spectral Clustering, Francis R. Bach and Michael I. Jordan

2001-based Travel-To-Work Areas Methodology, Steve Bond and Mike Coombes

Data driven functional regions, Carson J. Q. Farmer

K-means Clustering via Principal Component Analysis , Chris Ding and Xiaofeng He

Pascal Pons, Thèse de Doctorat, Détection de communautés dans les grands graphes de terrain, 2007

Annexe 1 : méthode de constitution des zones d'emploi de l'Insee et de la DARES

Les zones d'emploi construites par l'Insee et la DARES répondent à un objectif précis : construire des espaces géographiques où la majeure partie de la population habite et travaille (maximisation du taux de stable). Pour réaliser ce découpage territorial, sont utilisées les données issues du recensement de la population, les navettes domicile - travail, qui affectent pour chaque actif occupé une commune de résidence et une commune de travail. Le principe de la méthode repose sur le calcul de liens entre une commune i et une commune j est de la forme (voir Insee méthode n°83) :

$$Lien_{i \rightarrow j} = \frac{flux_{i \rightarrow j}}{\sum_j flux_{i \rightarrow j}}$$

Le principe est itératif : à chaque étape, sont agrégées les communes ou agrégation de l'étape précédente qui ont le lien le plus fort. En intervenant sur certains paramètres dont le plus important est le seuil d'isolation - seuil à partir duquel une zone agrégée ne peut plus être agrégée mais peut se voir agréger d'autres communes - on parvient à constituer une partition d'un territoire.

Cette méthode souffre de deux défauts importants : le choix du seuil d'isolation est complètement arbitraire et ne dépend pas du taux de stable, variable que l'on cherche à maximiser. Enfin, la méthode n'est pas adaptative, à chaque étape on ne peut plus revenir sur les agrégations des étapes précédentes.

Les approches basées sur des agrégations de communes en fonction des liens ne permettent pas de restituer l'information que l'on peut tirer du réseau qui se dessine par les flux.

En effet, une analyse statistique issue de la théorie des graphes est nécessaire pour analyser ces flux comme un réseau et comprendre ainsi les interactions entre les différents types de territoire.