



HAL
open science

Géographie des pratiques spatiales hospitalières dans la région Nord-Pas-de-Calais : un modèle gravitaire de calcul d'aires d'attractions hospitalières”.

Anne Quesnel-Barbet, Bruno Aublet-Cuvelier, Pierre-Jean R Thumerelle,
Régis Beuscart

► To cite this version:

Anne Quesnel-Barbet, Bruno Aublet-Cuvelier, Pierre-Jean R Thumerelle, Régis Beuscart. Géographie des pratiques spatiales hospitalières dans la région Nord-Pas-de-Calais : un modèle gravitaire de calcul d'aires d'attractions hospitalières”. : Réseaux de soins. Informatique et santé., Réseaux de soins, Télémedecine et Applications médicales sur Internet/Intranet (16), Springer Verlag, p. 3-15., 2004, Technologies de l'information et de la communication pour les pratiques médicales. hal-02004158

HAL Id: hal-02004158

<https://hal.science/hal-02004158>

Submitted on 11 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Géographie des pratiques spatiales hospitalières dans la région Nord – Pas-de-calais : un modèle gravitaire de calcul d'aires d'attraction hospitalières

Anne Quesnel – Barbet^{1,2,3}, Bruno Aublet-Cuvelier^{2,4}, Pierre-Jean Thumerelle³ et Régis Beuscart^{1,2}.

¹ CERIM., (Centre d'Études et de Recherches en Informatique Médicale), Faculté de Médecine, Université de Lille II, France.

² DIM., (Département d'Informations Médicales), C.H.R.U. (Centre Hospitalier Régional et Universitaire), Lille, France.

³ Laboratoire de Géographie Humaine, UFR de géographie : UPRESA-EA 1036 GEO : Université des Sciences et Technologies de Lille (USTL) 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex France.

⁴ DIM., (Département d'Informations Médicales), CHU Clermont-Ferrand, BP69 63003 Clermont-Ferrand Cedex France.

Abstract

In the aim to answer to our problematic and hypothesis on the spatial utilization of the health establishments and services by inpatients and/or by the potential clients, we elaborated a modeling process of catchment areas by medico-surgery specialty applied in the French Nord – Pas-de-Calais region. Our gravitation modeling, heart of the research work, assesses the health care demand and supply in our region. This K-means model calculates the theoretical hospital catchment areas by specialty in hematology and traumatology which would be those that we could observed if the catchment area was equivalent to this mathematical model. It could be automated and generalized for all specialties and geographic areas. We present in this way the four steps of the modeling process, its results, the discussion and the future research ways. The first phase observes the hospital catchment areas with quantitative and mapping tools. The second is an elaboration of our spatial mathematical model regarding the gravitation Newton law through the refined Reilly's equation based on the census population of the proximity catchment area. It is calculated from the observed and theoretical hospital attractions. The third phase is a validation of our model by comparison between the observed and the theoretical models with the help of observed maps, models drawings and quantitative methods (coefficients of attraction). The last predicts and simulates "the creation or the closing" of hospital services by specialty. Through the results this model appears to be robust, reliable and 'predictive' in spite of its simplicity (two parameters are used : numbers of beds and the census populations). Consequently, our model, along with a better knowing of the spatial utilization of health services, can be a new tool for developments in health facility planning at health care districts.

Keywords

Human geography; Medical Geography; Spatial Behavior; Health Facility Planning; Catchment Area (Health); Computer Models; Health Care Districts.

1. Introduction

L'étude des pratiques spatiales hospitalières s'inscrit dans une problématique générale dite néo-positiviste, radicale et comportementale de la nouvelle géographie [1]. L'approfondissement des connaissances sur l'organisation de l'espace géographique fait appel aux concepts de mouvements, réseaux, nœuds, hiérarchies et surfaces [2, 3]. Son étude depuis l'ère de la nouvelle géographie [4] va entraîner l'élaboration de nouveaux outils, dans le cadre de 'l'analyse des systèmes' pour une meilleure compréhension principalement des géosystèmes : « organisations spatiales tirant leur origine de l'environnement physique » et des systèmes socio-économiques : « organisations spatiales qui naissent des processus liés aux activités humaines », soit les structures géographiques. L'organisation spatiale (qui sous-entend l'existence d'une unité finale) inclut l'étude des processus et des mécanismes responsables de l'organisation de l'espace (dynamiques et processus productifs de l'organisation), ainsi que l'étude des structures. Elle doit s'intéresser aussi à l'équilibre de ces systèmes physiques et humains.

Notre recherche géographique des pratiques spatiales hospitalières est fondée sur l'analyse du système que représente les pratiques spatiales hospitalières dans la région Nord – Pas-de-Calais et sur l'élaboration d'un modèle de référence par spécialité médico-chirurgicale, comme essai de modèle d'organisation à atteindre [4] : modèle comme support de base à la compréhension, voire à l'évolution du système et à son équilibre [5]. L'équilibre d'un système « socio-sanitaire », sous système du système socio-économique, nommée aussi « Balance planificatrice » [6] pourrait être recherché entre l'accessibilité et la proximité des soins et la sécurité et qualité des soins.

Cette introduction à l'étude de l'organisation de l'espace géographique, dont de nouveaux concepts, outils et méthodes émanent d'une science nomothétique, nous amène à présenter ci-après notre étude de géographie des pratiques spatiales hospitalières en région Nord – Pas-de-Calais et le processus de modélisation qui en découle.

La meilleure adaptation de l'offre à la demande de soins d'une part, la nécessaire croissance de la qualité de soins d'autre part, sont deux objectifs prioritaires auxquels cette étude apporte sa contribution. En effet, une planification sanitaire efficace des infrastructures de soins hospitaliers impose aux décideurs de santé de connaître, de repérer, de décrire et de prévoir les phénomènes suivants :

- décrire géographiquement l'offre de soins, c'est-à-dire les capacités de prise en charge des patients, par exemple à travers le nombre de 'lits hospitaliers ouverts',
- décrire, à partir des bases de données hospitalières, l'attraction observée¹, c'est-à-dire les pratiques spatiales,
- prévoir, à partir de l'existant, les déplacements et aires d'attraction potentielles à venir,
- prévoir, à travers le jeu de simulations, par 'création ou fermeture' de services, la bonne adéquation de l'offre de soins en rapport à la demande, soit l'organisation du territoire hospitalier par spécialité pour une région donnée.

Il faut également prendre connaissance voire rechercher des causes ou facteurs internes et externes interagissant sur l'attraction hospitalière, c'est-à-dire influençant les choix quand aux pratiques spatiales de la clientèle hospitalière pour se rendre dans un centre hospitalier plutôt qu'un autre. Illustrons ce propos par quelques exemples :

- le degré de gravité et/ou la lourdeur en coût de prise en charge d'une pathologie, facteurs internes, peuvent interférer sur l'offre de soins disponibles. Le recours au système de santé est directement lié au libre choix du patient qui s'exerce sous une double contrainte, du nombre de structures hospitalières capables de prendre en charge son problème de santé et par ailleurs du degré d'urgence ressentie. Les effectifs en personnel médical et para-médical ainsi que la notoriété

¹ L'attraction observée reflète l'attraction réelle à travers les mouvements qui définissent l'aire de déplacement des patients.

médicale sont également des facteurs importants, dont la mesure, pour la notoriété surtout, reste à définir,

-la distance, le coût de transport etc., facteurs externes, peuvent également être prédominants dans les choix de chacun en fonction de ses connaissances et de ses critères de sélection pour atteindre son degré de qualité de soins [7].

La géographie de la santé permet d'aborder les questions suivantes :

- le recours aux soins est-il fonction de la géographie ? Des lois connues peuvent-elles le décrire?
- peut-t-on détecter des pratiques spatiales des patients et préciser les déterminants de celles-ci?
- comment les patients utilisent-ils les établissements de soins par spécialités médico-chirurgicales ? la typologie hospitalière a-t-elle une influence sur la structure spatiale du recours aux soins ? En particulier, les établissements de haute technicité se caractérisent-ils par des schémas spatiaux spécifiques ?

Par l'élaboration d'un modèle de calcul d'aires d'attraction hospitalière faisant analogie à la loi de Newton, nous espérons répondre à notre problématique sur les pratiques spatiales hospitalières et obtenir un outil d'aménagement du territoire sanitaire proposé au vue des pratiques spatiales hospitalières existantes et probables (demandes et offres de soins) pour une meilleure qualité de soins.

Ce travail fait donc l'hypothèse qu' : « il existe un lien entre le recours aux soins et la distance d'accès aux soins. Selon le concept d'interaction spatiale, la 'loi du moindre effort' [3, 8-11] devrait être vérifiée pour les centres hospitaliers à vocation de proximité. Les Centres Hospitaliers Régionaux Universitaires (CHRU) ont pour mission d'être des 'établissements recours'² [12, 13]. Leurs attractions risquent de présenter des singularités par rapport au modèle général.

2. Matériels et méthodes

2.1. Méthodes mathématique et géographique

2.1.1. Rappel de la loi de gravité

La loi de gravitation universelle affirme que l'attraction entre deux corps est inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare. Par analogie à la loi de gravité, deux objets s'attirent d'autant plus que la distance qui les sépare se réduit. Elle se formalise par l'équation suivante :

$$I_{ij} = \frac{M_i * M_j}{d_{ij}^2} \quad (1)$$


Où

i et j indices représentatifs de deux corps,
 I_{ij} interaction entre les corps i et j ,
 M_i et M_j masses des corps i et j ,
 d_{ij} distance qui sépare i de j .

² Un établissement 'recours' montre une attraction régionale. Dans le secteur public cette fonction recours est représentative des établissements CHRU, dans le secteur privé et Participant au Service Public Hospitalier (PSPH) cette fonction recours est assurée en général par des structures de soins importantes, très spécialisée ou de grande notoriété.

2.1.2. Rappel de la loi de Reilly

Par analogie aux lois de la physique, la loi de gravitation ou loi de Newton a été reprise par Reilly qui émet des hypothèses similaires dans le cadre d'étude des flux commerciaux de la vente au détail [3, 9]. Cette loi a été élaborée dans les années 1920 dans le cadre d'études marketing ou de commerce, prenant pour masse la population ou clientèle. La conséquence de cette loi est la détermination de la distance d'équilibre où l'attraction de deux places de marché concurrentes s'égalisent. Cette distance s'exprime à travers la formule suivante :

$$d_{ix} = \frac{d_{ij}}{\left(1 + \sqrt{\frac{M_j}{M_i}}\right)}$$

(2)

Où

d_{ix} distance entre l'objet i et le point x d'égale attraction entre les objets i et j.

Cette approche a déjà été appliquée à deux reprises au recrutement des établissements de santé. D'une part dans la région Nord – Pas-de-Calais [14, Rapport DRASS] et d'autre part en région Languedoc-Roussillon (« Géographie de la santé en France » [15])

2.1.3. Présentation du modèle mathématique

Après avoir testé le modèle de Reilly, il est apparu utile de s'interroger sur la notion de masse hospitalière, prenant en compte plusieurs facteurs représentatifs de l'attraction, le nombre de lits par exemple mais également la population attirée observée et la population estimée issue d'une zone d'attraction de proximité. Notre modèle est un affinement de la formule précédente par pondérations observée (expertise géographique) ou estimée (approche mathématique).

Modèle pondérée observée

La mise en œuvre de la pondération observée s'écrit :

$$d(H_i, b_{o(i,j)}) = \frac{d(H_i, H_{j(x,y)})}{1 + \sqrt{\frac{M_j * P_{oj}}{M_i * P_{oi}}}}$$
(3)

Où

$d(H_i, b_{o(i,j)})$ distance de l'hôpital H_i , au point d'équilibre $b_{o(i,j)}$.

$d(H_i, H_j(x, y))$ distance euclidienne entre H_i et H_j .

M nombre de lits d'un établissement hospitalier H

P_o population attirée par H (à dire d'expert)

Modèle pondérée estimée

Le point d'équilibre calculé à partir des pondérations estimées reprend le modèle général mais utilise une valeur de population estimée par une méthode automatisée. Ce point d'équilibre estimé se détermine de la façon suivante :

$$d(H_i, b_{e(i,j)}) = \frac{d(H_i, H_{j(x,y)})}{1 + \sqrt{\frac{M_j * P_{ej}}{M_i * P_{ei}}}}$$
(4)

Où

$d(H_i, b_{e(i,j)})$

distance de l'hôpital H_i , au point d'équilibre $b_{e(i,j)}$.

P_e

population de l'établissement hospitalier H calculée d'après la méthode

algorithmique

On tente de délimiter le territoire potentiel d'attraction du pôle hospitalier par une méthode automatique qui étudie la proximité géographique entre l'hôpital et son environnement. La population habitant ces territoires délimités permet d'estimer P_e .

Pour la méthode de calcul d'effectifs de population estimée, nous avons successivement mis en œuvre la méthode des voisins relatifs puis celle de K-means [16].

2.1.4. Algorithmes pour le calcul de la valeur de population estimée

Algorithmes des voisins relatifs par groupements hiérarchiques

La méthode des voisins relatifs est représentative de groupements hiérarchiques, agglomératifs et séquentiels [16, 17], d'autres algorithmes comme le Critère de Gabriel ou la Triangulation de Delaunay en font partie. Il existe une relation d'inclusion entre ces trois algorithmes qui est la suivante : Voisins Relatifs \subseteq Critère de Gabriel \subseteq Triangulation de Delaunay.

Algorithmes de K-means par groupements non-hiérarchiques

La méthode de K-means mise au point par MacQueen en 1967 et une de ses variantes mise au point par Diday en 1971 connue sous le nom de 'Nuées Dynamiques' sont représentatives de groupements non hiérarchiques [16, 18].

Choix de la distance

Les deux algorithmes nécessitent de définir la distance entre une unité géographique de résidence (canton ; bureaux postaux) et les établissements. La distance euclidienne terrestre en ligne droite a été choisie. La géographie physique de la région Nord – Pas-de-Calais et sa bonne couverture en infrastructure routière et autoroutière sont des caractéristiques validant ce choix. P_e est la population résidente sur les unités géographiques regroupées par un des algorithmes et associée à un établissement donné.

2.1.5. Mesures graphique et numérique des différences entre les modèles à population observée et estimée

Le concept d'attractivité peut s'exprimer comme l'écart entre l'attraction observée et l'attraction prédite par le modèle. Cet écart s'exprime mathématiquement comme le rapport des distances aux points d'équilibre observés et estimés, ce qui définit le coefficient d'attraction (CA). Cette notion s'illustre graphiquement comme la distance séparant les points d'équilibre observés et estimés.

The diagram shows two horizontal lines representing distances. The top line has points H_i (labeled x) and H_j (labeled y). A point $b_{o(i,j)}$ is marked on this line with a yellow vertical line. A red double-headed arrow indicates the distance $d(H_i, b_{o(i,j)})$. The bottom line also has points H_i (labeled x) and H_j (labeled y). A point $b_{e(i,j)}$ is marked on this line with a blue vertical line. A blue double-headed arrow indicates the distance $d(H_i, b_{e(i,j)})$. To the right of the diagram, the equation is given as:

$$CA = \frac{d(H_i, b_{o(i,j)})}{d(H_i, b_{e(i,j)})} \quad (5)$$

Les interprétations du coefficient d'attraction et de la distance graphique séparant les points d'équilibre observés et estimés suivent un schéma équivalent :

$CA = 1$ c'est-à-dire $d(H_i, b_{o(i,j)}) = d(H_i, b_{e(i,j)})$: l'attraction observée par H_i est équivalente à celle prévue par rapport à H_j .

$CA > 1$ c'est-à-dire $d(H_i, b_{o(i,j)}) > d(H_i, b_{e(i,j)})$: l'attraction observée par H_i est plus forte que celle prévue par rapport à H_j .

$CA < 1$ c'est-à-dire $d(H_i, b_{o(i,j)}) < d(H_i, b_{e(i,j)})$: l'attraction observée par H_i est moins forte que celle prévue par rapport à H_j .

2.2. Matériels

2.2.1. Outils de géomatique

La cartographie standard a été réalisée sous Cabral Mac [19] ® et l'automatisation graphique à partir du modèle mathématique a été développée à l'aide du logiciel Matlab ® [20].

2.2.2. Bases de données hospitalières

Chaque établissement est tenu de renseigner pour chaque séjour la Base de Données (BD) médico-économique du Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI). Ces informations contiennent les diagnostics et les actes pratiqués qui permettent de définir le Groupe Homogène de Malades (GHM) caractérisant le séjour. Parmi les variables recueillies figurent le code géographique PMSI (regroupement de secteurs de distribution postale). Les fichiers sont rendus anonymes avant agrégation au niveau régional.

Hématologie clinique

Les services des maladies du sang ont procédé à une extraction spécifique de la BD PMSI de leur établissement. La période d'étude s'étend du 01/07/94 au 30/06/95. Ainsi les sept services d'hématologie adulte de la région ont alimenté la BD de ce travail. Seuls les séjours comportant un diagnostic d'hématologie à dire d'expert [21-23] ont été conservés pour l'analyse.

2.2.3. schéma de l'étude

L'étude se déroule en quatre phases successives :

- 1- validation, par l'observation, de la légitimité d'un modèle gravitaire à travers les pratiques spatiales observées et cartographiées en région Nord - Pas-de-Calais,
- 2- mise en oeuvre du modèle gravitaire pondéré, ce qui permet de déterminer les aires d'attraction de chaque pôle à partir de l'attraction observée (expertise géographique) et de l'attraction estimée (approche mathématique),
- 3 - comparaison, par pôle hospitalier à l'aide de mesures graphiques et numériques des résultats des attractions observées et estimées (modélisées),
- 4 – simulation de la 'création ou fermeture' fictive de pôles hospitaliers et prédiction de l'impact sur les pratiques spatiales hospitalières.

3. Résultats

L'hypothèse de l'attraction de proximité semble se confirmer pour les centres hospitaliers dans la phase d'observation ainsi que le montre par exemple la figure 1, illustrant le recrutement des services de Dunkerque et Valenciennes. On peut exprimer le degré de contiguïté du recrutement en pourcentage des zones contiguës (unités géographiques fournissant au moins un patient et ayant une frontière commune entre elles). Ces valeurs sont respectivement de 100% et 91% pour ces deux services. Par contre, on constate que le recrutement du CHRU de Lille est plus étendu. 96% des unités géographiques lui fournissent au moins un patient (figure 2).

Ensuite en phase 2, ont été calculées d'une part, les valeurs de P_e selon les deux méthodes automatiques :

-la première des voisins relatifs est un niveau de groupement choisi qui comporte quinze groupes. Les objets sont les 157 unités géographiques recensés en 1990. Nous avons ensuite repéré empiriquement les 8 groupes pertinents pour notre étude en hématologie clinique, par pôle hospitalier. Ces groupes sont représentés sur la figure 3. Par construction, cette méthode ne fournit pas une partition du territoire. Les zones ainsi délimitées ne recouvrent pas l'ensemble de la région.

-la seconde méthode des K-means, en figure 4 représente un groupement. Les 8 pôles hospitaliers ici sont nettement définis, uniquement d'après l'algorithme. Par construction, cette méthode partitionne la région en un nombre de groupes imposés. Les groupements recouvrent cette fois l'ensemble de la région.

D'autre part, la figure 5 représente les résultats de la mise en œuvre du modèle pondéré par la population observée et celui pondéré par la population estimée par la méthode des K-means. La superposition de l'aire d'attraction observée et du modèle pondéré par la population observée semble valider la pertinence générale du modèle. L'exemple du service de Valenciennes est visible en figure 6. Les tracés des segments d'après les modèles d'attraction observée et estimée sont présentés en figure 7. Leur comparaison montre dans l'ensemble une bonne adéquation du modèle gravitaire. Les coefficients d'attraction mesurés et présentés en hématologie clinique (Tableau I) montrent de faibles écarts dans l'ensemble par rapport à la valeur 1. Il faut lire pour l'exemple de Boulogne-sur-Mer par rapport à Dunkerque, dont la valeur du coefficient s'élève à 1,304, une attraction du modèle observé supérieure à celle prévue par le modèle estimé pour le pôle de Boulogne-sur-Mer. Ces faibles différences entre l'observé et l'estimé sont confirmées également par la superposition graphique des deux dessins de modèle montrant de très faibles écarts et en rapport aux limites du maillage utilisé et de la zone d'attraction observée. La figure 7 montre des zones d'attraction pour chaque pôle hospitalier (hors CHRU de Lille) n'empiétant pas sur les zones d'attraction des pôles voisins à l'exception des pôles de Lens et Valenciennes ayant une zone d'intersection très limitée. Les zones blanches sont relatives aux unités géographiques qui n'ont pas fournis de patients en hématologie pour ces services.

La dernière étape montre dans l'exemple de l'hématologie clinique une ouverture de service ou pôle hospitalier sur Calais (figure 8) à l'aide d'une masse fictive de 10 lits et d'une valeur de pondération P_e calculée par la méthode des K-means paramétrée pour 8 pôles.

4. Discussion

Puisque l'hypothèse de comportement gravitaire selon la 'loi du moindre effort' est en adéquation avec les résultats de la phase d'observation pour l'ensemble des services périphériques (hors CHRU), le modèle mathématique a donc été appliqué. En fonction des résultats positifs obtenus, nous pouvons dire que notre modèle gravitaire apparaît fiable, robuste et prédictif dans le cadre de la spécialité étudiée. Il est validé pour la région Nord - Pas-de-Calais sur deux spécialités différentes, en effet des résultats similaires ont été obtenus dans le domaine de la traumatologie-orthopédie [24]. Les principaux points qui le caractérise sont :

- l'attraction de proximité observée pour les pôles périphériques hors CHRU,
- la comparaison des écarts où les coefficients d'attraction et les résultats graphiques montrent la bonne adéquation du modèle estimé au modèle observé.

L'intérêt du tracé observé est bien démontré. En effet, il permet avec le tracé estimé la mesure numérique de l'écart, soit le calcul du coefficient d'attraction. La nouveauté et l'intérêt du processus de modélisation s'exprime par la simulation proposée par 'création ou fermeture' de pôles hospitaliers avec l'exemple de création sur Calais (en hématologie clinique) figure 8.

Le CHRU de Lille, par contre, compte tenu de ses missions est caractérisé par un recrutement mixte : de proximité et régional et ne seront, par conséquent, pas entièrement représentatifs du modèle gravitaire, tout au moins, si on se limite à une analyse régionale.

5. Perspectives

Nous avons ciblé plusieurs perspectives ouvertes par ce processus de modélisation :

- affiner le modèle mathématique : ce serait d'identifier les covariables des coefficients d'attraction, d'élaborer un coefficient correcteur expérimental à partir de facteurs d'attraction internes et externes, de déterminer un coefficient d'attraction spécifique d'une spécialité, voire d'une

hiérarchie hospitalière? D'élaborer un prototype (application informatique) pour traiter l'information (en analyses longitudinale et transversale), plus rapidement et en vue de la validation générale du modèle,

-approfondir l'étude géographique au niveau de l'analyse longitudinale : il faudrait réitérer le processus de modélisation sur des périodes d'études différentes, vérifier la stabilité des aires de proximité par spécialité et par pôle hospitalier (soit au moyen d'isoligne : de mesurer les contours des zones attirées et à l'aide d'outils quantitatifs d'évaluer la stabilité des zones). Les indices de mesure de contiguïtés seraient à mettre en œuvre pour délimiter les zones de proximité et contiguës autour du pôle,

-approfondir l'étude géographique au niveau de l'analyse transversale : il faudrait réitérer le processus de modélisation en appliquant le modèle sur des régions géographiques physiques différentes, utiliser des distances métriques ou semi-métriques différentes voire en créer de nouvelles. Il faudrait travailler à partir de bases de données isochrones : mesures des temps de parcours.

6. Conclusion

Ce modèle pourrait permettre de faciliter une meilleure organisation en réseau et prise en charge des patients par la prise en compte de leurs pratiques spatiales. Il pourra enrichir les fonctionnalités des systèmes d'informations géographiques. C'est un outil potentiel d'aide à la planification sanitaire et d'aménagement des territoires sanitaires.

Remerciements

Nous remercions : les membres du Collège Régional des Départements de l'Information Médicale de la région Nord – Pas-de-Calais (COREDIM), les membres du GTIM et les membres de l'ARH Nord – Pas-de-Calais, qui nous ont permis d'obtenir la base de données régionale afin d'effectuer nos travaux de recherche et d'en publier les résultats. Nous remercions plus particulièrement, Mesdames et Messieurs, Geneviève Desprez, Marie-Christine Nuttens, Cécile Grave, Henri Arnaud Hansske, Pierre Lambert et Claude Courouble, Docteurs en médecine, pour leur collaboration dans nos travaux de recherche.

Références

- [1] Bailly A, Beguin H. Une épistémologie de la géographie. In: 5, editor. Introduction à la géographie humaine. Paris Milan Barcelone: Masson; 1995. p. 15-34; 192.
- [2] Haggett P. L'analyse spatiale en géographie humaine. 5eme ed: Armand Colin; 1973.
- [3] Haggett P. The Locational Analysis in Human Geography. Frome and London: Arnold, first published, Butler and Tanner Ltd; 1965.
- [4] Christofolletti A. Panorama et évaluation du concept d'organisation spatiale. L'espace géographique 1989(3):225-234.
- [5] Phillips DR. Using health services, Modelling the use of health services. In: Health and Health Care in the Third World. third ed. Harlow, England: Longman Scientific and Technical (LST), John Wiley and Sons, Inc, New York; 1995. p. 178-223.
- [6] Vigneron E. Distance et santé, la question de la proximité des soins. 1ère, octobre 2001 ed. Paris: PUF; 2001.
- [7] Phillips DR. Health and Health Care in the Third World. third ed. Harlow, England: Longman Scientific and Technical (LST), John Wiley and Sons, Inc, New York; 1995.
- [8] Chorley RJ, Haggett P. Models in geography. London, : Methuen; distributed in the U.S.A. by Barnes & Noble; 1967.

- [9] Reilly WJ. *Methods for the study of retail relationships*. [Austin, Tex.]: The University; 1929.
- [10] Reilly WJ. *the law of the retail gravitation*. In: Ltd MaC, editor. *Models in geography*. London; 1931.
- [11] Reilly WJ, University of Texas. Bureau of Business Research. *Methods for the study of retail relationships*. Austin,: Bureau of Business Research University of Texas; 1959.
- [12] Quesnel A, Nuttens MC, Warembourg H, Prat A, Thumerelle PJ, Beuscart R. *Modélisation de l'impact sur les structures sanitaires existantes de l'implantation d'un service de chirurgie cardio-vasculaire*. In: Journées EMOIS-99, XIIe congrès national; 1999 Mars 1999; Nancy; 1999.
- [13] Quesnel-Barbet A, Duhamel A, Quesnel B, Thumerelle PJ, Beuscart R. *A mathematical model of hospital attraction area* . In: Medinfo, 2001; 2001; London; 2001.
- [14] Vigneron E. *Travaux préparatoires à la révision de la carte sanitaire, 1ère étape résultats de l'enquête " attractivité hospitalière " annexe 1*,. Lille: Ministère des affaires sociales, de la santé et de la ville, Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales du Nord - Pas-de-Calais; 1994 Avril 1994.
- [15] Tonnellier F, Vigneron E. *La géographie de la santé en France: Que sais-je*, Puf; 1999.
- [16] Legendre P, Legendre L. *Numerical Ecology, Developments in Environmental Modelling* Amsterdam. xv; 1998.
- [17] Legendre L, Legendre P. *Écologie numérique,2 La structure des données écologiques*. In: *Le traitement multiple des données écologiques*. MASSON ed: Paris et les Presses de l'Université du Québec.; 1984. p. 1-335.
- [18] Legendre L, Legendre P. *Chap 7 La mesure de la ressemblance: coefficients de similarité, coefficients de distance, coefficients de dépendance*. In: *Écologie numérique, 2 La structure des données écologiques*. MASSON ed: Paris et les Presses de l'Université du Québec.; 1984. p. 1-49.
- [19] Wagniez P. *Cabral 1500*. In. 2.5.0 ed. Bondy: ORSTOM, Laboratoire de cartographie appliquée; 1997.
- [20] Mathworks T. *MATLAB*. In. 5.2.0.3084 ed. Natick, Massachusetts, USA: The Mathworks; 1998.
- [21] Quesnel A, Quesnel B, Bauters F, Picheral H, Beuscart R. *Approche de la morbidité en hématologie clinique en région Nord - Pas-de-Calais et le programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI)*. In: CREDES, editor. *Vème colloque de géographie et socio-économie de la santé*; 1998 Avril; PARIS; 1998. p. 209-216.
- [22] Quesnel A, Bauters F, Picheral H, Beuscart R, Quesnel B. *Approche de la morbidité en hématologie clinique en région Nord - Pas-de-Calais au moyen du programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI)*. In: *Journées de la Société Française en Hématologie (S.F.H.)*,; 1999 Mars 1999; Paris; 1999.
- [23] A Quesnel., B Quesnel., F Bauters., E Vigneron., R Beuscart. *La géographie de la santé et la planification sanitaire avec le système d'informations médicales*. In: *Journées Francophones en Informatique Médicale (J.F.I.M.)*; 1998 Avril 1998; Liège, Belgique; 1998.
- [24] Quesnel Barbet A. *Géographie des pratiques spatiales hospitalières dans la région Nord – Pas-de-Calais : un modèle gravitaire de calcul d'aires d'attraction hospitalières* [Thèse en Hommes, Villes et Territoires]. Villeneuve d'Ascq: Université de Lille I; 2002.

Adresse de correspondance

Anne Quesnel-Barbet, CERIM, Faculté de Médecine, 1 place de Verdun, 59045 Lille-cedex, France;
phone: (+33).20.62.68.26, Fax: (+33).20.52.10.22 e-mail : aquesnel@univ-lille2.fr.

Légende des figures

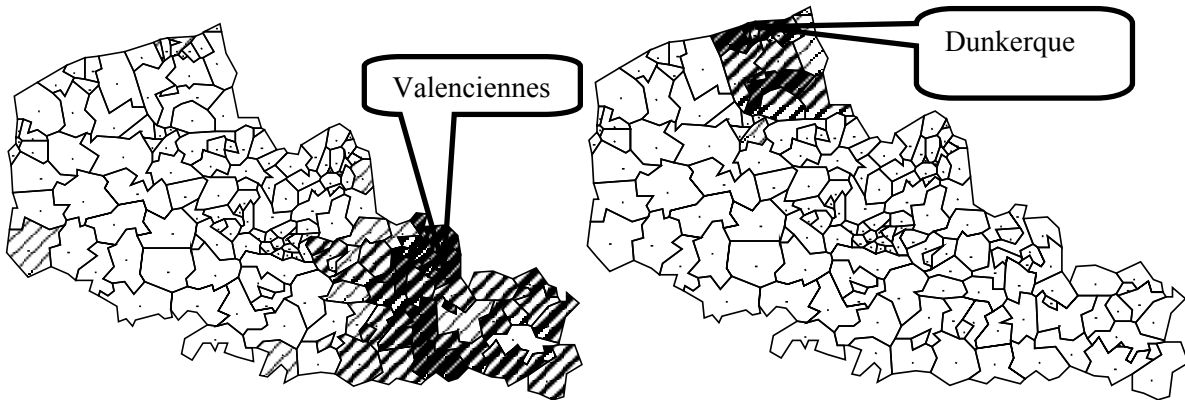


Figure 1 : distribution géographique observée du recrutement d'hématologie de Dunkerque et de Valenciennes

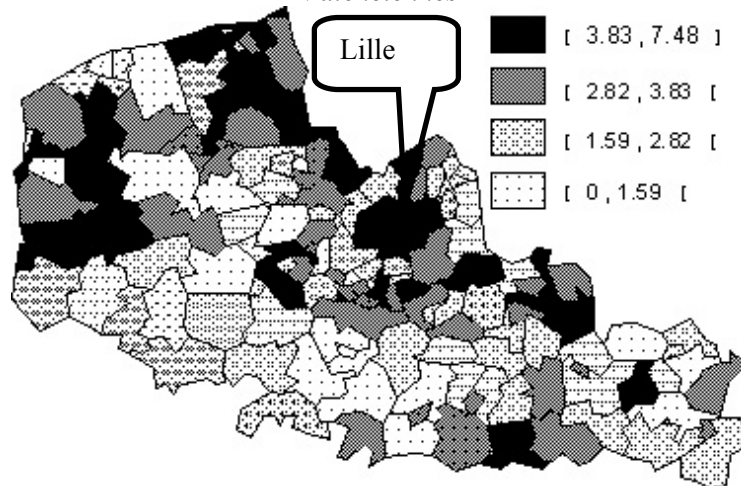


Figure 2 : distribution géographique observée du recrutement d'hématologie, CHRU de Lille

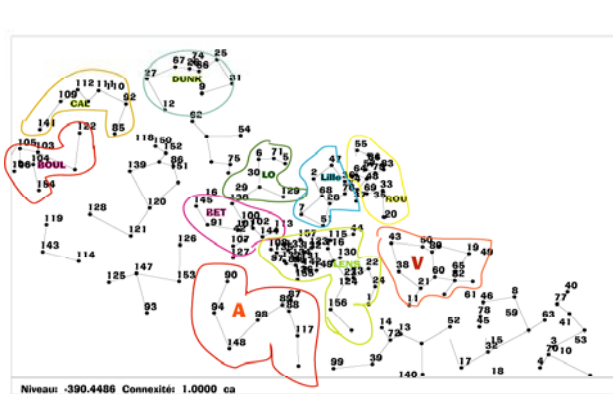


Figure 3 : groupement méthode des voisins relatifs

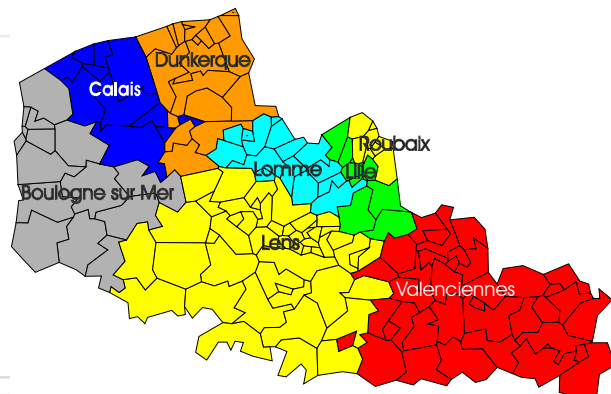


Figure 4 : groupement méthode de K-means

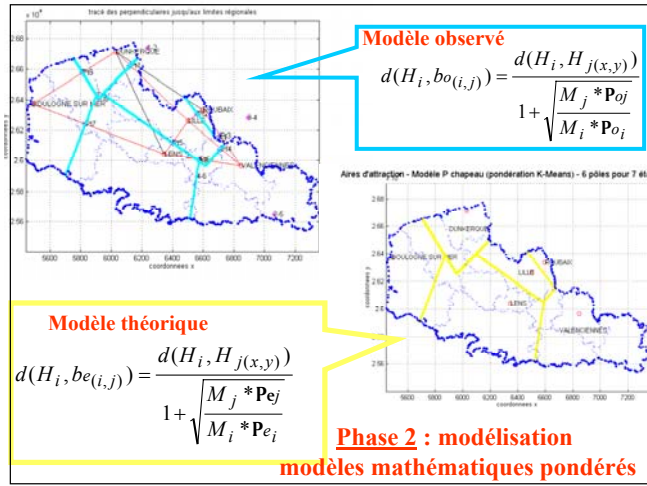


Figure 5 : construction des aires du modèle sous MATLAB.



Figure 6 : superposition de l'aire d'attraction de valenciennes observée (aire grisée) et du modèle observé (segments foncés).

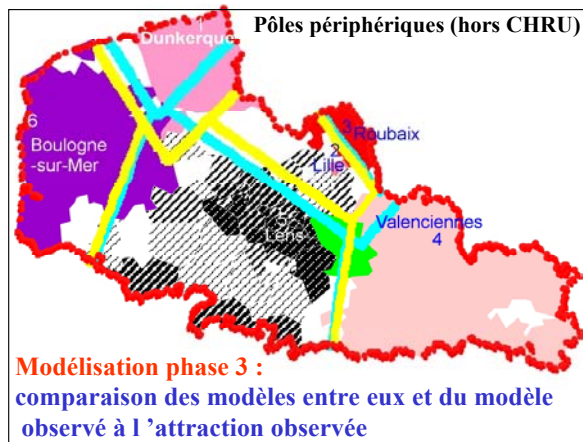


Figure 7 : superposition des aires d'attraction observées, et des modèles observés (tracé foncé) et estimés (tracé clair).

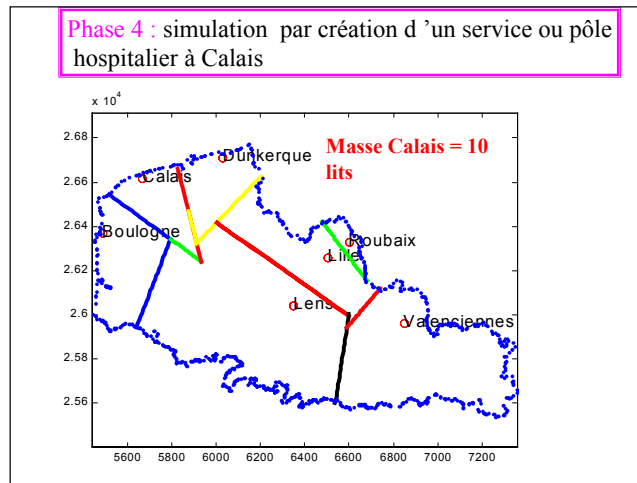


Figure 8 : simulation par création d'un pôle hospitalier sur Calais

Légende des tableaux

Tableau 1 : Mesure numérique des différences entre modèles observés et estimés, soit les coefficients d'attraction

Indices			Coefficients d'attraction $d(H_i,bo(i,j)) / d(H_i,be(i,j))$						
			j 59183	j 59350	j 59350	j 59606	j 62160	j 62498	j 59512
Insee	cne	Service	D	L	ST	V	B	LE	R
i	59183	Dunkerque	0	0,640	0,727	0,739	0,739	0,852	0,712
i	59350	Lille M	1,068	0	0	1,017	0,992	1,063	0,996
i	59350	St Ph -St Vincent	1,190	0	0	1,028	0,972	1,141	0,982
i	59606	ch Valenciennes	1,151	0,948	0,977	0	0,958	1,103	0,961
i	62160	ch Boulogne	1,304	1,049	1,047	1,085	0	1,232	1,023
i	62498	Lens M	1,083	0,810	0,886	0,901	0,888	0	0,873
i	59512	Roubaix	1,211	1,015	1,019	1,049	0,986	1,166	0